ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 JUILLET 1957.

PRÉSIDENCE DE M. Léon BINET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Gabriel Bertrand** signale à l'Académie la présence de M. **Arne Tiselius**, Correspondant pour les Sections des Académiciens libres et des applications de la science à l'industrie, Professeur de biochimie à l'Université d'Uppsala. M. le Président lui souhaite la bienvenue et l'invite à prendre part à la séance.

M. **Roger Heim** fait hommage d'un Ouvrage en deux volumes, de lui-même, intitulé : *Les Champignons d'Europe*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Union labile de l'oxygène au carbone. Monooxyde résultant de la photooxydation de la lophine. Isomérisation; son mécanisme. Constitutions des deux isomères.* Note (*) de MM. **Charles Dufraisse** et **Jacques Martel**.

Le monooxyde se forme par photooxydation en alcool et aussi par réduction du photooxyde préformé. C'est le triphényl-2.4.5 hydroxy-5 isoimidazole. Il s'isomérise très facilement, par voie thermique, en triphényl-2.4.4 imidazolinone-5. On propose un mécanisme basé sur un transfert électronique circulaire.

La photooxydation de la lophine V, effectuée en milieu sulfocarbonique, a fourni un couple d'isomères en $C_{21}H_{16}O_2N_2$, savoir : l'endoperoxyde, I, du type normalement attendu, et la N.N'-dibenzoylbenzamidine, VI [1], [2].

En milieu éthanolique, l'irradiation du même triphényl-2.4.5 imidazole offre des résultats fort différents. En effet, par traitement des liqueurs réactionnelles à température inférieure à 80°, on isole, à côté de la N.N'-dibenzoylbenzamidine, VI, un dérivé dont la composition est celle d'un monooxyde, $C_{21}H_{16}ON_2$, un seul atome d'oxygène étant fixé par la molécule hétérocyclique. Ce composé instable, dit à bas point de fusion (F_{inst} 185-187°), se transforme aisément et irréversiblement, dès 80°, donc

a fortiori à sa température de fusion, en un isomère très stable, dit à point de fusion élevé (F_{inst} 241-243°), de telle sorte qu'il donne les apparences du dimorphisme, avec deux points de fusion instantanée; mais le changement chimique intervenu dans le chauffage ne peut faire longtemps illusion.

De ces deux monooxydes, la constitution du premier nommé a d'abord été établie, fournissant ainsi les bases de celle du second.

a. Isomère à bas point de fusion. — Outre le précédent, on peut utiliser à la préparation de ce corps un procédé consistant à réduire le photooxyde, soit par l'iodure de potassium acétique, soit par hydrogénation catalytique, en arrêtant après absorption d'une molécule d'hydrogène.

Il est, d'ailleurs, hautement probable que le produit formé par photooxydation provient d'une réduction du photooxyde, par l'éthanol, sous l'influence de la lumière.

Les propriétés suivantes ont servi à établir la formule du corps.

Son hydrolyse, réalisée par l'acide acétique, nécessairement en dessous de la température d'isomérisation, fournit du benzile, prouvant par conséquent que la liaison entre les carbones 4 et 5 du cycle imidazolique est maintenue.

Par action de la poudre de zinc dans l'acide acétique, toujours à faible température, il redonne la lophine, ce qui implique de fortes chances pour que le noyau imidazolique y soit intact.

Le spectre infrarouge présente une bande vers 3 550 cm^{-1}, qui correspond à une fonction hydroxylée et, au contraire, est dépourvu de la bande vers 3 400 cm^{-1}, due au groupe N—H hétérocyclique conjugué.

Deux structures hypothétiques III et IV, tenant compte de ces faits peuvent alors être avancées. On parvient à elles régulièrement à partir du photooxyde, I, dont l'hydrogénation normale se produit avec coupure entre les deux atomes du pont oxygéné [3], le diol II résultant conduisant à III ou IV, suivant le sens où a lieu la déshydratation.

Le retour à la lophine par réduction du monooxyde, de même que la production de benzile par hydrolyse, s'interprètent aussi facilement avec l'une qu'avec l'autre des deux structures.

Pour choisir la représentation III plutôt que IV il n'est d'autre raison que de comparer la réactivité des hydroxyles en 2 et 5 du diol générateur II. Le plus mobile appartient sans doute au carbone porteur d'une fonction trivalente, c'est-à-dire au carbone en μ. La déshydratation conduirait donc à la structure III, celle du triphényl-2.4.5 hydroxy-5 isoimidazole. L'isomérisation va fournir un autre argument en faveur de cette formule.

b. Isomère à point de fusion élevé. — Un fait précis a limité les possibilités à envisager pour la structure de ce composé. Le corps, en effet, se trouve être identique au produit de condensation du benzile et de la

benzamidine, décrit par Pinner il y a plus de 60 ans ([4]), avec la formule, VII, celle d'une désylidènebenzamidine.

Des travaux plus récents, datant principalement de 1935 à 1948 ([5]), ([6]), ([7]), ont modifié le point de vue primitif de Pinner sur la réaction des dicétones α avec la benzamidine; cependant, malgré l'importance de leurs résultats, ils n'ont pas encore élucidé la trame des transformations. Aussi avons-nous dû reprendre pour notre compte l'étude spéciale de l'action du benzile sur la benzamidine.

I $\xrightarrow{+2H}$ II $\xrightarrow{-H_2O}$ III ou IV

V VI VII VIII $\begin{cases} a: R = R' = C_6H_5 \\ b: R = R' = CH_3 \end{cases}$

IX $\begin{cases} a: R = R' = C_6H_5 \\ b: R = R' = CH_3 \end{cases}$ X XI $\begin{cases} a: R = R' = H \\ b: R = H;\ R' = CH_3 \\ c: R = H;\ R' = C_6H_5 \\ d: R = R' = C_6H_5 \end{cases}$ XII

Tout d'abord, si l'on prend la précaution d'effectuer la condensation à basse température (glace fondante), on obtient un intermédiaire fort instable, $C_{21}H_{18}O_2N_2$, résultant de l'union pure et simple des deux réactifs. Ce corps, solvaté par une molécule de benzène, fond instantanément à 108-109°, en perdant, outre le solvant, une molécule d'eau, ce qui le transforme en produit de Pinner. Déjà se pose pour lui la question de la constitution. Il se trouve être l'analogue, deux phényles remplaçant les deux méthyles, du composé d'addition obtenu en 1916 par O. Diels et K. Schleich ([5]) en condensant avec la benzamidine le diacétyle, au lieu du benzile comme dans notre cas. La constitution du composé de Diels et Schleich a donné lieu à une longue controverse ([5]), ([6]), ([7]), dont on ne peut pas dire qu'elle ait eu une conclusion définitive. Entre les deux formules, l'une en chaîne ouverte, VIII *b*, l'autre cyclique, IX *b*, qui ont été suggérées, le choix est difficile à cause de la facilité de cyclisation à attendre de la structure VIII sous l'influence des réactifs mêmes par lesquels on cherche à démontrer la réalité de l'existence d'un cycle. Tel est

le cas, en particulier, de la formation par le benzaldéhyde d'un acétal cyclique X, réaction due à O. Diels [5] et considérée par J. W. Cornforth et H. T. Huang [7] comme caractéristique de la forme cyclisée IX *b*. Aucun fait décisif n'impose donc actuellement, pour notre nouveau produit, l'une plutôt que l'autre des deux formules VIII *a* et IX *a*.

On est encore plus embarrassé pour attribuer une structure au produit de déshydratation, qui est, en même temps, le composé de Pinner et aussi le résultat de l'isomérisation thermique du monooxyde de lophine. La formule VII, de la désylidènebenzamidine, doit être écartée. Un tel corps, à supposer qu'il puisse exister, serait extrêmement peu stable et tendrait à se stabiliser par cyclisation en un système imidazolique. De plus, il serait facilement hydrolysable par les acides avec régénération du benzile et formation de benzamide ou d'acide benzoïque. Or, le composé considéré manifeste une exceptionnelle stabilité. L'oxydation chromique le laisse inaltéré. L'hydrogénation par la poudre de zinc en milieu acétique, ou par le couple zinc-cuivre, ne l'affecte pas. C'est surtout sa remarquable résistance à l'hydrolyse qui est à souligner. Il reste inchangé dans les alcalis et les acides à l'ébullition. Il tient même à l'acide chlorhydrique dilué ou concentré pendant 3 h à 150° en tube scellé; tout au plus observe-t-on alors une faible production d'acide benzoïque, à côté du chlorhydrate du monooxyde, sel dissociable vers 160°.

L'ensemble de ces observations donne à penser que le squelette carboné du benzile ne s'est pas maintenu dans le composé. Nous avons alors supposé qu'il était intervenu une transposition du type benzilique, aboutissant à la triphényl-2.4.4 imidazolinone-5, XI *d*. Ainsi s'expliquerait la grande stabilité du corps et aussi l'impossibilité de son retour à la lophine par réduction simple, en contraste avec la remarquable facilité de cette réaction chez l'isomère à bas point de fusion.

On ne peut guère invoquer d'analogies pour appuyer le raisonnement qui a conduit à la formule XI *d*. Il a été, certes, décrit des imidazolinones, notamment XI *a*, *b*, *c*, formées par condensation sur la benzamidine de corps dicarbonylés α, glyoxal, méthylglyoxal, phénylglyoxal; mais aucun de ces trois cas ne comportait la nécessité d'une transposition de type benzilique, la structure XI pouvant y être réalisée, au moins sur formules, par une simple déshydratation, suivie d'un réarrangement ordinaire de l'énol résultant.

La structure du corps ne fait cependant pas de doute comme le montre la présence dans son spectre infrarouge d'une bande à 1745 cm^{-1}, caractéristique de la fonction cétonique en cycle pentagonal, et une autre à 3 400 cm^{-1} dans la région des 3 μ correspondant au N—H de la lophine.

Par voie de conséquence, la formule XI *d* proposée pour le deuxième monooxyde isomère étaye pour le premier, la formule III, avec l'oxygène

déjà en place au sommet 5, de préférence à la formule IV, avec l'oxygène en 2. Un corps de formule IV exigerait, en effet, pour s'isomériser en XI *d*, une transposition de l'oxhydryle, peu compatible avec les conditions de la réaction, spécialement avec son extraordinaire facilité, hors de tout adjuvant catalytique.

c. Il reste à régler la question des mécanismes de ces transpositions. Peut-être n'y en a-t-il qu'un, si, comme il est vraisemblable, la déshydratation de l'adduct benzile-benzamidine, IX *a*, passe par l'intermédiaire du monooxyde de lophine, III, trop sensible pour être isolable dans ces conditions.

En ce qui concerne l'isomérisation de ce monooxyde, III, elle s'apparente à la transposition benzilique, mais elle s'en distingue par son déroulement purement thermique, sans attaque nucléophile. Un mécanisme ionique n'est donc pas à envisager.

Comme cette transformation thermique se produit avec une exceptionnelle facilité (simple chauffage vers 80°), il faut admettre qu'elle n'est pas localisée aux deux carbones du système benzilique, mais que l'enchaînement cyclique y participe pour le faciliter par résonance. Il s'impose alors de penser à une action de « transfert électronique concerté circulaire » ([8]).

La cause originelle est la compétition pour la possession du proton entre l'oxygène et l'azote voisin. Le branle est donné au moment où, par agitation thermique, le proton vient à sauter du premier au second; il en résulte aussitôt le transfert électronique explicité sur la formule XII. Repoussé par l'accumulation d'électrons à l'oxygène en 5, attiré, au contraire, par le vide électronique opéré en 4 par l'intermédiaire de la chaîne cyclique, le phényle en 5, avec son doublet, est puissamment incité à migrer en 4 : ce serait ainsi un véritable mécanisme de « pousse-tire » (push-pull) qui favoriserait à l'extrême cette transposition.

(*) Séance du 17 juillet 1957.

(1) Ch. Dufraisse, A. Étienne et J. Martel, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 970.

(2) Ch. Dufraisse et J. Martel, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 3106.

(3) Ch. Dufraisse et J. Houpillart, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 740.

(4) Pinner, *Die Imidoäther und ihre Derivate*, Berlin, 1892, p. 176; *Beilsteins Handbuch der organischen Chemie*, 9, p. 284.

(5) *Berichte*, 49, 1916, p. 1711.

(6) J. B. Ekeley, A. R. Ronzio et coll., *J. Amer. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 1353; 58, 1936, p. 163; 59, 1937, p. 1118; 64, 1942, p. 2028; 66, 1944, p. 1584; 67, 1945, p. 1157.

(7) *J. Chem. Soc.*, 1948, p. 731.

(8) *Voir* tout spécialement à ce sujet : J. Mathieu et A. Allais, *Principes de synthèse organique* (*Collection Léon Velluz*), Masson et Cie, Paris, 1957, p. 310; *voir* aussi : J. Mathieu et J. Valls, *Soc. Chim. de France*, séance du 14 juin 1957.

GÉOLOGIE. — *Nouveaux documents sur le Crétacé supérieur des environs de Caravaca (prov. de Murcie, Espagne).* Note (*) de MM. **Robert Busnardo, Michel Durand Delga, Paul Fallot** et **Jacques Sigal.**

Les formations secondaires et tertiaires de la zone subbétique forment une large bande qui s'allonge depuis la région de Cadix jusqu'à celle d'Alicante. Le Crétacé supérieur y est particulièrement développé à l'Ouest de Murcie et en particulier au Sud de la petite ville de Caravaca. Dans ce secteur, les sédiments relativement profonds et à caractère souvent pélagique du domaine subbétique sont largement charriés [1] sur les formations néritiques, fréquemment détritiques, du domaine prébétique, couverture méridionale du bâti ancien de la Meseta ibérique.

Une première esquisse du Crétacé supérieur de la zone subbétique a été autrefois donnée [2] pour ce secteur : elle était basée sur des considérations lithologiques. Au cours d'une course effectuée pendant l'été 1956, des documents complémentaires ont été rassemblés (R. B., M. D. D., P. F.). L'étude des microfaunes dégagées (J. S.) et des microfaciès (M. D. D.) des échantillons récoltés permet d'apporter de nouvelles précisions sur le Crétacé supérieur de cette région et d'y établir plusieurs subdivisions.

Nous décrirons *une première coupe, dirigée du Sud-Est au Nord-Ouest, entre l'usine électrique du Rio Quipar et la tour Horquera* (cote 796), au flanc méridional du synclinal Ouest-Sud-Ouest-Est-Nord-Est, dit du Rio Quipar. Un certain nombre d'assises, affectées d'un léger plongement vers le Nord-Ouest, ont pu être distinguées : leur épaisseur est donnée à titre indicatif et leur délimitation, vu la monotonie du faciès, est quelque peu artificielle. On trouve ainsi de bas en haut :

1. Marno-calcaires blanc-bleutés alternant avec des bancs de calcaires blancs, durs, à rares silex noirs.

2. Marnes blanches, très calcaires (environ 50 m), avec encore de rares silex noirs à leur partie moyenne.

3. Marnes jaunâtres et rougeâtres (quelques mètres), constituant un excellent repère cartographique.

4. Marnes blanchâtres (50 m) : de fréquentes traces vermiculées (du type *Chondrites*) sont observables dans les 20 m supérieurs de ces marnes, comme aussi dans l'ensemble du niveau supérieur.

5. Marnes blanches à tons verdâtres (environ 60 m), avec minces lits de calcaires plus ou moins argileux.

6. Alternance de calcaires à patine jaunâtre, chargés d'éléments détritiques, et de marnes blanches, dominantes. Ces formations, dont le faciès rappelle un peu celui d'un Flysch, forment le sommet du mamelon de la tour Horquera : 20-30 m en sont conservés.

Les marno-calcaires 1 déterminent dans la topographie un relief assez abrupt. 60 m en sont visibles au-dessus du talus alluvial sur lequel est édifiée l'usine électrique du Rio Quipar. Un peu au-dessus de leur « base », à environ 150 m à l'Est de ce dernier édifice, la microfaune suivante a été récoltée : *Globigerina* gr. *paradubia*, *Globotruncana* aff. *stephani*, *Rotalipora globotruncanoides*, *R. cushmani*, *Thalmanninella brotzeni*, *Th. greenhornensis*. Il s'agit de Cénomanien supérieur. Les silex noirs de cet horizon sont très riches en Radiolaires sphériques, conservés en silice fibreuse mais dont la structure a été entièrement détruite.

La base des marnes calcaires 2 appartient déjà au Sénonien inférieur. La très mauvaise microfaune recueillie (*Globotruncana angusticarinata*, *Gl. coronata*, *Gl.* gr. *renzi*, etc.) permet d'évoquer plutôt le Coniacien que le Santonien. C'est en tout cas à ce dernier étage que le niveau-repère 3 est rattachable : *Globotruncana concavata*, *Gl. lapparenti*, *Gl. linnei*, *Gumbelina-Ventilabrella deflaensis*, *Stensioina* sp. Le terme 4 montre, lui, à sa partie moyenne, une association campanienne : *Globotruncana caliciformis*, *Gl.* aff. *contusa*, *Gl. elevata*, *Gl. linnei*, *Gl. marginata*, *Gl. stuartiformis*, *Planoglobulina* sp.

Le terme 5 comporte, non loin de sa base, un lit de calcaire brunâtre, au voisinage immédiat duquel nous avons recueilli des fragments de tiges de Crinoïdes, dont les épais articles cylindriques pourraient être ceux d'un *Austinocrinus erckerti* (Dames) selon M. J. Roman. Rappelons que ce Crinoïde a été signalé aux Foyes Blanques ([3]), près d'Alfaz (Alicante), dans des couches qui sont situées à 75 m au-dessus d'horizons qui nous ont livré (inédit) *Globotruncana calcarata*, espèce caractéristique du Campanien terminal.

En fait, dans la coupe décrite ici, on rencontre, moins de 20 m au-dessus de la base du terme 5, une microfaune du Campanien terminal ou du Maestrichtien : *Globotruncana arca*, *Gl. contusa*, *Gl. linnei*, *Gl. marginata*, *Gl. praecontusa*, *Gl. stuarti*, *Gl. stuartiformis*, *Gl. tricarinata*, Globigérines et Gümbélines. Le terme 5 a donc toutes chances d'appartenir au Maestrichtien. Son extrême sommet contient en tout cas une association typique de cet étage. On y note particulièrement *Bolivina incrassata*, *Globigerinella messinæ subcarinata* et *Globotruncana mayaroensis* : cette dernière forme est considérée comme caractéristique du Maestrichtien supérieur. La teinte rougeâtre que peuvent présenter certains horizons du terme 5 est due à l'accumulation locale en surface de produits d'altération, et non de lits bien définis [([2]), niveau 6 de la figure 17].

Malgré le net changement de faciès, le niveau 6 terminant notre coupe est encore maestrichtien et non lutétien comme il est dit [([2]), p. 55, fig. 18]. Aux abords de la tour Horquera il a livré les Foraminifères suivants : *Globotruncana arca*, *Gl. caliciformis*, *Gl. contusa*, *Gl. linnei*, *Gl. stuartiformis*, *Rugoglobigerina* sp., *Gumbelina excolata*, *G. semicostulata*, *Aragonia velascoensis*, *Reussella szajnochæ szajnochæ*. Les bancs calcaires intercalés entre les marnes de ce terme 6 montrent une assez grande richesse en petits quartz détritiques aux formes anguleuses; les microorganismes (essentiellement Globigérines et Fissurines de forme ovoïde) constituent cependant le fond de ces roches.

La coupe ci-dessus s'observe, rappelons-le, au flanc Sud du synclinal du Rio Quipar. Parallèlement à ce pli et plus au Nord on rencontre l'anticlinal de la Loma de la Solana, dont le revers septentrional comporte des niveaux crétacés plus élevés. *De part et d'autre de la route qui joint Caravaca à La Puebla de Don Fadrique*, à environ 200 m au Nord du cimetière, on note la succession suivante [plongement moyen Nord-Ouest, 40° ([4])] et qui complète la coupe précédente :

6. Alternances de marnes blanches et de bancs de calcaires plus ou moins détritiques à surfaces tapissées de *Chondrites* (au moins 30 m).

7. Calcaires détritiques blanchâtres à *Chondrites*, avec rares délits marneux (environ 20 m).

8. Marnes verdâtres plus ou moins sableuses, avec lits de calcaire détritique (visibles sur environ 50 m d'épaisseur).

Le niveau 6 (« Flysch ») paraît équivaloir à celui qui termine la coupe de la Torre Horquera. On y retrouve la même abondance en Fissurines, particulièrement du type *F. gracillima* (Seg.), et en Globigérines. La base du niveau 7 n'a fourni qu'une microfaune peu abondante, mal conservée et de petite taille, dont l'âge maestrichtien est probable. Les marnes 8 admettent à leur partie inférieure un ou deux lits, épais de quelques centimètres, d'aspect conglomératique. On y voit côte à côte des fragments de plaques d'Inocérames et surtout de menus débris mal roulés de calcaires argileux à Rosalines, Gümbélines, Globigérines et Fissurines de types variés : *Fiss.* gr. *ovalis* (Kauf.), *F. cf. gracillima*, etc. On trouve dans cet horizon la même microfaune qu'à quelque 40 m plus haut Elle caractérise le Maestrichtien supérieur : *Globotruncana contusa*, *G. falsostuarti*, *Gl. mayaroensis*, *Gl. stuarti*, *Gl. stuartiformis*, *Bolivina incrassata*, *Bolivinoides draco draco*, *B. draco miliaris*, *Pseudotextularia varians*, *Trinitella scotti*, *Gublerina* sp. p., *Gumbelina* sp. p., etc. Cette série marneuse maestrichtienne semble passer en continuité à des marnes qui appartiennent déjà à l'Éocène : des dépôts récents, répandus sur une ancienne surface d'érosion, qui recoupe les sédiments crétacés redressés, empêchent d'en avoir la certitude.

Les observations consignées ci-dessus permettent de fixer l'image suivante du Crétacé supérieur dans le domaine subbétique de Caravaca :

A. Formation à dominante calcaire mais à nombreux lits marneux. Nous n'en avons étudié que la partie supérieure (niveau 1). A 50 m environ sous son sommet, elle est datée du Cénomanien supérieur. Le Turonien est soit absent, soit réduit à quelques dizaines de mètres au maximum : de nouvelles investigations seront nécessaires pour le préciser.

B. En continuité apparente vient un complexe essentiellement marneux, épais de plus de 150 m et dont la richesse en calcaire décroît vers le haut (niveaux de 2 à 5). Daté du Sénonien inférieur (Coniacien ?) à la base, il montre 50 m au-dessus un horizon coloré, appartenant au Santonien. Le Campanien est repéré plus haut. L'extrême sommet appartient déjà au Maestrichtien supérieur.

C. Assez brutalement, sur une cinquantaine de mètres d'épaisseur (niveaux 6 et 7), s'établit un régime rappelant un peu celui d'un Flysch, par ses alternances de marnes blanches et de calcaires quelque peu détritiques, riches en Fissurines. Cette formation appartient aussi au Maestrichtien supérieur; elle rappelle le « Flysch » calcaire du Sénonien terminal de la région d'Hendaye ([5]).

D. Enfin des marnes verdâtres (niveau 8), encore maestrichtiennes sur une épaisseur notable, doivent appartenir, à leur partie la plus haute,

à l'Éocène inférieur. Nous étudierons ailleurs la composition de cet Éocène qui était jusqu'ici pris pour du Sénonien [2].

Le Crétacé supérieur de la région de Caravaca aurait ainsi au total (épaisseur du Cénomanien mise à part) une puissance de l'ordre de 300-350 m. On y remarquera l'absence (ou la réduction) du Turonien, et l'exceptionnelle puissance relative (environ 150 m) du Maestrichtien.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) P. Fallot, *Cons. sup. Inv. Cient.*, *Inst. Lucas Mallada*, Madrid, 1945.

(2) P. Fallot, *Cons. sup. Inv. Cient.*, *Inst. Lucas Mallada*, Madrid, 1943.

(3) R. Nickles, *Ann. Hébert*, Paris, 1, 1891.

(4) Non loin au Nord-Est de cette coupe, existent des assises marneuses à intercalations rougeâtres. Il ne s'agit pas de Sénonien [(2), *fig.* 19, p. 56] mais d'Éocène, que nous décrirons ailleurs.

(5) J. de Lapparent, *Mém. Serv. Carte géol. Fr.*, 1918.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Dispsacacées. Développement de l'embryon chez le* Scabiosa columbaria L. Note (*) de M. **René Souèges**.

Il n'est pas possible de relever des différences essentielles, du point de vue embryogénique, entre le *Scabiosa columbaria* et le *S. Succisa*. La division de l'œuf par une paroi se rapprochant de la verticale a pu être confirmée, en même temps que précisés et complétés les processus d'édification des formes ayant dépassé le stade octocellulaire.

Mes observations précédentes sur le *Scabiosa Succisa* [1] ont démontré que le principal caractère embryogénique de cette espèce réside dans la direction oblique, plus ou moins rapprochée de la verticale, de la première paroi de segmentation. Ce caractère entraîne une grande complexité dans les processus des divisions ultérieures et des variations profondes dans les lois relatives, tout particulièrement, à la disposition et aux destinées des blastomères. En se basant sur l'orientation oblique de ce premier cloisonnement, observée seulement chez quelques rares Dicotylédones, D. A. Johansen [2] a distingué un *type Piperad* qu'il a placé en tête de tous les autres types de développement qu'il a définis et chez lesquels la première cloison est toujours transversalement orientée.

Étant donné l'importance capitale de cette première observation et les conséquences qui en découlent quant aux problèmes d'embryogénie comparée et de phylogénie qu'elle pose, il n'était pas inutile d'examiner un nouveau représentant de la famille des Dipsacacées, voisin du *Scabiosa Succisa*, dans le but, d'apporter toutes confirmations relativement à la direction de la première cloison, d'acquérir ensuite plus de précisions sur les processus des segmentations suivantes, de compléter enfin, si possible, l'étude de stades quelque peu avancés, en ce qui concerne surtout la dispo-

sition des étages, l'organisation de l'extrémité radiculaire, la forme et les dimensions du suspenseur.

L'étude du *Scabiosa columbaria* pouvait conduire à des résultats ne s'écartant que légèrement de ceux qu'avait apportés l'examen de la Scabieuse officinale, les deux plantes offrant des caractères morphologiques peu dissemblables, se rapprochant par leur taille et leur distribution géographique, ne différant que par la forme des feuilles caulinaires et la disposition, rayonnante ou non, de leurs fleurs extérieures.

Dans le proembryon bicellulaire (*fig.* 2) on peut voir la direction oblique qu'à prise la première cloison séparant les deux premiers blastomères *a* et *b*. Les figures 3, 4 et 5 conduisent à une *tétradè* comportant les quatre éléments *c* et *d* dérivés de *a*, *e* et *f* issus de *b*. Ces quatre éléments ne doivent pas être confondus avec les quatre quadrants engendrés par la cellule apicale, dans le cas général de proembryons bicellulaires composés de deux cellules superposées *ca* et *cb*. Le proembryon octocellulaire produit par bipartition des éléments de la tétrade est schématisé en 8 ; pour lui donner naissance, *e* et *c* peuvent se segmenter longitudinalement ou transversalement : par exemple, en 8, *e* a donné par division transversale les deux cellules e' et e'', comme le démontre la figure mitotique visible en 6 ; la division transversale de *c* s'observe en 9, à gauche, et en 11, à droite.

Les groupements cellulaires qui tirent origine de ces premiers blastomères peuvent, dans certains cas, être reconnus (*fig.* 9 à 15) avec plus ou moins de certitude. Mais l'interprétation de leur mode de construction devient de plus en plus *hypothétique* au fur et à mesure que progresse la segmentation. Généralement, en *d*, s'établit d'abord une cloison anticline à direction horizontale (*fig.* 9, 11), puis apparaissent des parois verticales et transversales qui engendrent des groupes cellulaires dont on peut aisément reconnaître la constitution, par exemple en 10, 12, 14, 15. En *f*, les deux cellules visibles dans la figure 8, en ont engendré 4 dans la figure 11, 5 ou 6 dans les figures 10, 12, 13. Les blastomères *c* et e' prennent des cloisons diversement orientées, généralement anticlines, à direction longitudinale (*fig.* 10 à gauche ; 12 et 14, à droite) ou transversale (*fig.* 12, 14, à gauche) faisant apparaître, dans ce dernier cas, au sommet du proembryon, deux étages forts nets (*fig.* 13, 15), l'étage du haut correspondant selon toute vraisemblance à un tissu épiphysaire.

A partir de la figure 16, il devient difficile de déterminer exactement les limites de démarcation entre les groupes cellulaires engendrés par les premiers blastomères. On peut cependant, pour ce qui est de leurs destinées, admettre que *c*, *e* ou e' donnent la partie cotylée *sensu lato* ; que e'' prend part à la construction de la partie hypocotylée ; que *d* contribue également à cette dernière construction et, en outre, dans beaucoup de cas, à l'édification d'une portion de la coiffe et du suspenseur (*fig.* 27 à 29), tandis que la plus grande portion de ces deux régions du corps se développe toujours aux dépens de *f*.

Les figures 16 à 31 permettent aisément de se faire une idée des dispositions cellulaires, plus ou moins régulières et complexes, qu'offrent les formes au terme de la vie proembryonnaire. Au moment de la naissance des cotylédons, le dermatogène est ordinairement individualisé (*fig.* 32) ; les initiales de l'écorce au sommet radiculaire, différenciées aux dépens de l'hypocotyle, apparaissent bien disposées dans le prolongement de l'assise externe du périblème ; la portion médiane de la coiffe s'accroît par divisions horizontales ou tangentielles et forme finalement un cône tronqué qui se détache nettement des parties latérales, comporte 12 à 15 assises aplaties surmontées par les initiales de l'écorce radiculaire. Le suspenseur est massif, conique ; il prend parfois une forme allongée plus ou moins étroite (*fig.* 32, 33).

En résumé, voici quelles sont les données supplémentaires que nous permet d'enregistrer cette étude : — 1° L'orientation oblique de la première paroi de segmentation, chez les *Scabiosa*, se trouve confirmée avec toutes les conséquences qu'entraîne ce phénomène dans le comportement ultérieur des deux cellules proembryonnaires initiales, tout particuliè-

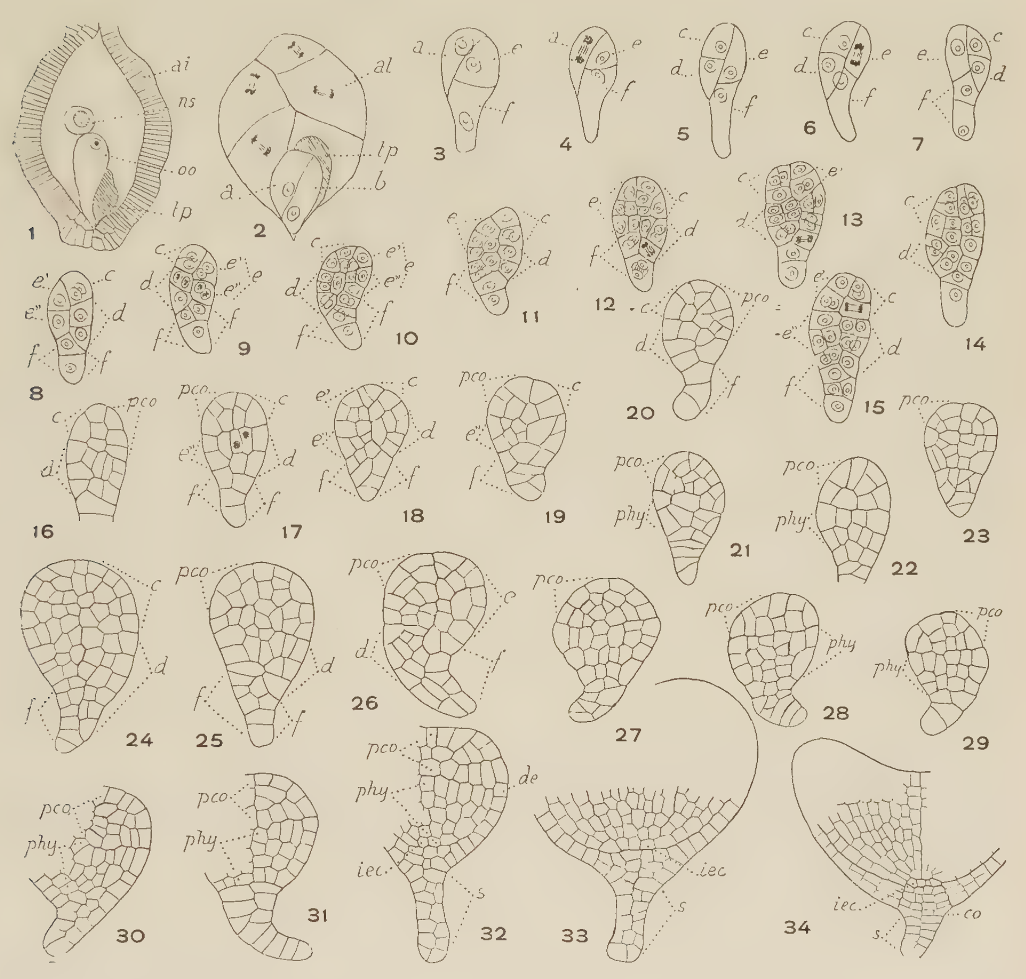


Fig. 1 à 34. *Scabiosa columbaria* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *oo*, oospore ; *ns*, noyau secondaire du sac ; *ai*, assise interne du tégument ; *tp*, tube pollinique ; *al*, albumen ; *a* et *b*, les deux premiers blastomères ; *c* et *d*, blastomères issus de *a* ou groupements qui en dérivent ; *e* et *f*, blastomères issus de *b* ; e' et e'', blastomères produits par *e* ; *pco*, partie cotylée *s. lato* ; *phy*, partie hypocotylée ; *de*, dermatogène ; *iec*, initiales de l'écorce de la racine ; *co*, portion médiane de la coiffe ; *s*, suspenseur. G. = 290 ; 150 pour 1, 2 et 34.

rement dans la constitution d'une tétrade n'entrant dans aucune des six catégories de tétrades, établies au sujet de toutes les Angiospermes, et à laquelle on ne peut refuser les caractères les plus nets d'ancienneté si l'on se reporte aux principes qui ont servi de base à la définition des

types A, B, C des tétrades et de leurs variantes ([3]); — 2° Il ne se constitue ni quadrants, ni octants, selon le sens ordinairement attribué à ces termes en embryogénie comparée, c'est-à-dire des blastomères engendrés, à la troisième et quatrième générations, par la cellule apicale résultant de la division nettement transversale de l'œuf en deux cellules superposées; — 3° Il ne s'individualise pas de cellule épiphysaire véritable d'où tirerait origine la tige épicotylée; — 4° Le développement de la partie cotylée *s. lato* aux dépens des éléments *c* et *e* se trouve plus étroitement déterminé; — 5° Se trouvent également précisées les parts que prennent les deux premiers blastomères *a* et *b* à la construction de la coiffe et du suspenseur; — 6° La partie centrale de la coiffe se montre bien séparée de ses parties latérales sous forme d'un cône tronqué au sommet duquel s'observent les initiales de l'écorce radiculaire fournies par l'hypocotyle.

Ces nouvelles observations viennent sanctionner les termes de comparaison que l'on a déjà établis entre les Dipsacacées et les Valérianacées ([4]) et qui consistent, d'une part, dans les grandes ressemblances, qu'offrent les formes proembryonnaires de ces deux familles quant à leur aspect général, et à leur mode, irrégulier et complexe, de construction, d'autre part, dans les différences que présente l'édification des proembryons à 2, 4 et 8 cellules. Ces différences rapprochent les Valérianacées des Composées; en écartent, par contre, les Dipsacacées. Cette dernière famille apparaît ainsi comme la moins évoluée de l'ordre des Astérales, tel que le comprennent certains systématiciens, par exemple Léon Guignard ([5]) et J. Hutchinson ([6]).

(*) Séance du 22 juillet 1957.

([1]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 292.

([2]) *Plant Embryology. Embryogeny of Spermatophyta*, Waltham Mass., 1950.

([3]) R. Souèges, *Embryogénie et Classification*, 2, 1939, p. 38, 39, 41 à 53; *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1599; *Année biologique*, 28, 1952, p. 13.

([4]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1081.

([5]) *Le jardin botanique de la Faculté de Pharmacie*, Paris, 1903.

([6]) *The families of flowering plants*, 1, *Dicolytedons*, London, 1926, p. 284.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur quelques problèmes d'aérodynamiques concernant l'autogire de Juan de La Cierva*. Note (*) de M. **Dimitri Riabouchinsky**.

Au premier Congrès international de la Sécurité aérienne, en 1930 à Paris, j'ai fait une Communication avec démonstration de quelques expériences, sur l'autorotation, l'aile à fente, les mouvements pendulaires. J'y ai rencontré pour la première fois M. Juan de La Cierva, qui a bien voulu me dire spontanément, que dans son rapport sur l'*autogire* présenté

à l'Académie des Sciences de Madrid, il avait mentionné mes recherches sur l'*autorotation*. Il me dit aussi qu'il avait obtenu avec ses *rotors* des coefficients de résistance supérieurs à deux fois celui d'un disque.

Qu'il me soit permis de rappeler succintement, en y ajoutant des précisions, quelques'unes de mes recherches effectuées dans le courant des années 1905-1912, dont certaines ont été, peut-être, de quelque utilité à M. Juan de La Cierva dans la réalisation de son remarquable autogire, conçu en 1920. L'un des premiers autogires, qui avait effectué de nombreux vols, figure actuellement dans la belle collection d'appareils illustrant toutes les étapes du développement de la Navigation aérienne, rassemblée au Musée de l'Air à Chalais-Meudon par M. Charles Dollfus.

Mon travail *Recherches sur la rotation de plaques symétriques dans un courant aérien et sur la détermination de la pression qu'elles supportent* a paru en 1906 à Saint-Pétersbourg : en russe, dans le *Bulletin de l'Académie des Sciences*; en français, dans le premier fascicule du *Bulletin de l'Institut Aérodynamique de Koutchino*. J'y ai cité, après avoir recherché les précurseurs dans ce domaine, les publications de F. H. Wenham, d'Athanase Dupré et de Paul La Cour, qui avaient signalé, sous des formes diverses, l'augmentation de la résistance d'une surface qui se déplace orthogonalement à un courant d'eau ou d'air. Mais je crois avoir été le premier à étudier ce phénomène systématiquement et en le rattachant à celui de l'autorotation.

L'un des « secteurs » (rotors) employés dans cette recherche est représenté sur la figure 1. Les courbes de cette figure expriment la variation du *coefficient d'autorotation des secteurs*, $A = 2\pi nr : (V - a)$, et de leurs *coefficients de résistance*, $K = (P - p) : (1/2)\rho V^2 \alpha (r^2 - r_1^2)$ et $K' = K(\alpha : \pi)$, en fonction des angles centraux 2α des secteurs. Dans ces formules nous faisons abstraction du petit cercle central assurant la solidité du secteur et de la pression p qu'il supporte. Le paramètre a représente la partie de la vitesse V surmontant les résistances passives.

Il résulte de la figure 1, que les valeurs maxima des coefficients A et K correspondent à un angle 2α proche de 45° et que le coefficient K′ ne dépasse pas sensiblement la valeur 1,4 qui est celle du coefficient de résistance d'un disque de diamètre 0,3 m dans le tunnel de 1,2 m de diamètre, où ces mesures ont été effectuées. J'ai étudié l'augmentation de la résistance des surfaces fixes dans un tunnel, due à leur dimension, dans le deuxième fascicule du *Bulletin de Koutchino*.

En mesurant la résistance des *secteurs*, dont la vitesse angulaire est supérieure à celle de leur autorotation, j'ai constaté que cette résistance, ainsi que celle des disques, augmente progressivement avec l'augmentation de leur vitesse angulaire. Cette augmentation est due à la composante

radiale de la vitesse, déterminée par la force centrifuge agissant sur l'air entraîné par le frottement contre le disque ou les secteurs.

Un secteur plat pouvant être considéré comme hélice à pas nul, j'ai reproduit dans la figure 2, pour une famille d'hélices à pas constant de 30 cm de diamètre et dont le pas relatif ($h : 2r$) a varié de 0 à 3, les courbes du

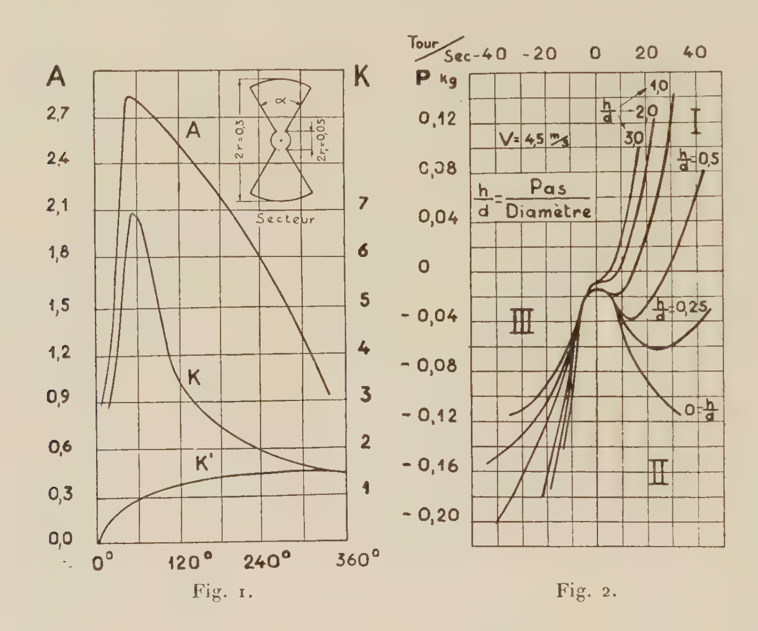


Fig. 1. Fig. 2.

quadrant I, correspondant au régime de l'hélice propulsive ou de l'hélicoptère en montée, celles du quadrant II — correspondant au régime du moulin à vent ou de l'autogire et celles du quadrant III — correspondant au régime de l'*hélice-frein* ou de l'hélicoptère en descente.

Dans l'eau, des recherches correspondantes ont été effectuées et décrites (*Central Tryckeriet*, Stockholm, 1931), par M. H.-F. Nordström. Ses recherches ont confirmé l'exactitude des miennes.

J'ai constaté en 1912, dans le fascicule IV du *Bulletin de Koutchino*, qu'un aéromètre, sans monture, enregistre approximativement la composante du vent relatif parallèle à l'axe de l'hélice, constatation que de La Cierva a étendu à l'autogire.

Dans le cas, d'un petit disque avec des ouvertures centrales sur ses deux faces (Pneumometerkopf), servant le tube de Pitot, j'ai constaté, comme il fallait s'y attendre, que le rapport $P : u^2$ de la pression au carré de la composante u de la vitesse $\sqrt{u^2 + v^2}$, normale au disque, augmente avec le rapport $V : u$.

Je rappellerai maintenant une expérience que j'ai décrite en 1908 dans le n° 2 du *Bolletino della Societa Aaeronautica Italiana*, pour préciser le caractère du mouvement de l'air autour d'un secteur en autorotation.

Puisqu'il existe un couple entretenant ce mouvement, il est évident, en raison du théorème des moments de quantités de mouvement, qu'un mouvement giratoire de l'air, opposé à celui du plan mince, doit être engendré à l'aval de ce dernier. Le dispositif de la figure 3 a permis de mettre en évidence ce tourbillon : les vitesses des ailettes b, b_1, b_2 diminuent avec leur éloignement de l'axe. Les vitesses relatives considérables

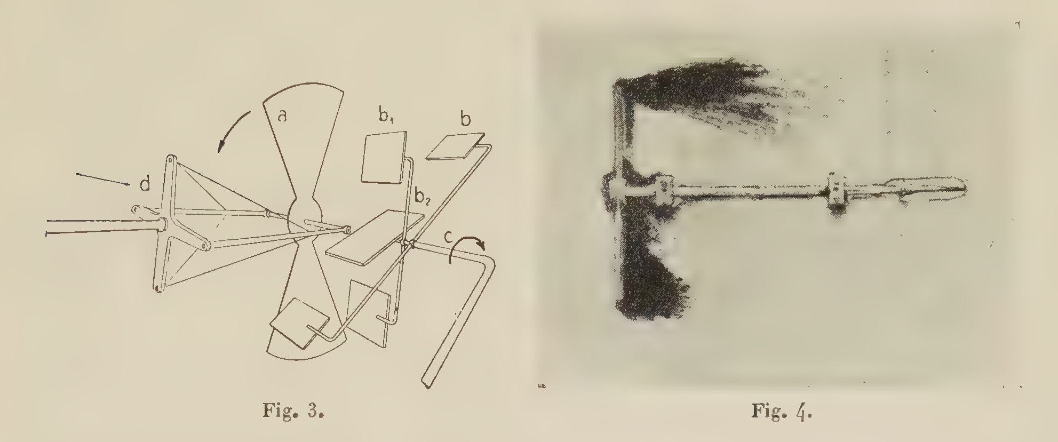


Fig. 3. Fig. 4.

dans le sillage du secteur, déterminées par ce tourbillon, permettent d'expliquer, en raison du théorème de Bernouilli, l'augmentation de la résistance du secteur en autorotation. J'ai complété cette expérience par celle de la figure 4. Un secteur plan à deux ailes peut tourner librement dans une fente pratiquée dans un plan métallique horizontal, sur lequel on avait collé une feuille de papier noir, qu'on saupoudrait ensuite de lycopode;

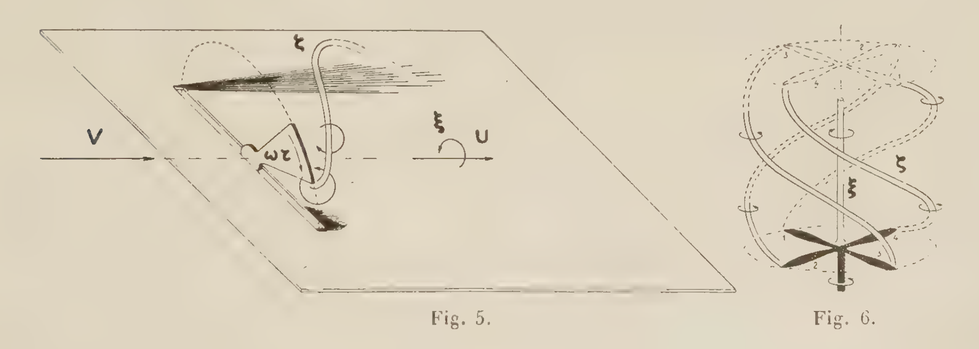


Fig. 5. Fig. 6.

le tout étant placé dans une soufflerie. A chaque passage de l'une ou de l'autre des ailes du secteur, l'extrémité du tourbillon marginal engendré, trace une droite dans la poudre de lycopode, comme la figure 4 et le schéma explicatif de la figure 5, le font voir. La figure 6 représente schématiquement la configuration des tourbillons ξ et ζ engendrés par un autogire en descente, son rotor ayant fait un demi-tour.

J'ai mentionné aussi, que, pour certaines vitesses de rotation du secteur, les ailettes b, b_1, les plus éloignées de l'axe, pouvaient commencer à tourner dans le même sens que le secteur, tandis que l'ailette axiale b_2 continuait à tourner en sens opposé et que, par conséquent, les composantes tangentielles de la pression sur les parties des ailes du secteur, proche ou éloignées de son axe, pouvaient être respectivement propulsive ou résistante.

M. Georges Lepère, collaborateur et ami de Juan de La Cierva, a bien voulu me confirmer que le coefficient de résistance du rotor de l'autogire en descente, l'axe du rotor restant verticale, peut atteindre la valeur 2,6, tandis que celle d'un disque est 1,2. Ce résultat, déduit de la vitesse de descente d'un autogire de poids connu, n'a pas été confirmé par des mesures effectuées en soufflerie. On a cherché à expliquer le grand écart entre les valeurs 2,6 et 1,2 par l'hypothèse que, tandis que la partie centrale du rotor fonctionne comme moulin à vent, ses parties extrêmes réagissent comme hélices-frein. M. G. Lepère a mentionné aussi, que les ailes du rotor de l'autogire n'avaient pas subi de gauchissement.

Le problème posé par Juan de La Cierva et par Georges Lepère, présentant un intérêt scientifique et technique, des recherches comparatives sur les rotors d'autogires, de différent diamètre, ayant subi ou non des gauchissements, en descente libre, dans une soufflerie, ou transportés par un camion, leur axe placé horizontalement, en vue d'une interprétation rationnelle des désaccords constatés, seraient souhaitables.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction aluminothermique de l'anhydride borique en présence de l'oxyde de calcium.* Note (*) de MM. **Jean-Lucien Andrieux** et **René Peffen**.

La préparation du bore et des borures métalliques par le procédé aluminothermique se heurte à de sérieuses difficultés que nous nous sommes proposés de résoudre. Ces corps possèdent en général des densités trop faibles ou des points de fusion trop élevés pour pouvoir être isolés de la scorie par simple décantation comme dans les autres applications classiques de ce procédé. Les produits restent inclus dans l'alumine de la scorie et toute séparation directe par traitement mécanique ou chimique est alors impossible [1].

H. Moissan [2], Kühne [3], J. Büchel [4] ont essayé de dissoudre cette alumine dans les acides en la transformant au préalable en carbure d'aluminium, en sulfure d'aluminium, en aluminates des métaux alcalins ou alcalino-terreux. Les résultats obtenus restent encore insuffisants et ne sont valables que pour des cas très particuliers.

La question méritant d'être reprise, nous avons étudié systématiquement la solubilité dans l'acide chlorhydrique de différentes scories ternaires renfermant de l'anhydride borique, de l'alumine et un oxyde des métaux alcalins ou alcalino-terreux. Nous avons mis au point une méthode permettant de préparer facilement le bore et un grand nombre de borures métalliques.

Nous exposons dans la présente Note les résultats obtenus en réduisant, dans les conditions habituelles des réactions aluminothermiques, des mélanges contenant des proportions très variables en anhydride borique et en oxyde de calcium. Nous allons montrer comment varie la solubilité des scories et indiquer la composition et la nature des produits borés recueillis.

Dans une prochaine Note, nous envisagerons la réduction des mélanges contenant un oxyde supplémentaire dont le métal est susceptible de s'allier ou de se combiner au bore. Nous montrerons également qu'il est possible d'obtenir des scories parfaitement solubles en remplaçant l'oxyde de calcium par les oxydes de baryum ou de sodium.

L'anhydride borique, l'aluminium et l'oxyde de calcium, passant au tamis 100, sont soigneusement mélangés et jetés par fractions successives dans des creusets préchauffés à 1000° environ afin que la réaction puisse se déclencher aisément. Quand celle-ci est achevée, la température est maintenue durant 15 mn environ entre 1400 et 1500°, pour compléter la scorification de l'alumine. Après refroidissement, la masse est broyée finement et traitée à chaud, à plusieurs reprises, par de l'acide chlorhydrique à 25 % et par de l'acide concentré jusqu'à épuisement complet des matières solubles. Le produit résiduel renferme, d'une part du borure de calcium ou des sous-oxydes de bore et, d'autre part, la fraction de scorie qui a résisté au traitement décrit ci-dessus. Celle-ci est constituée essentiellement par de l'alumine non combinée.

Dans les 42 essais effectués, les mélanges réactionnels contiennent 1 à 4 moles d'anhydride borique, 2 at.-g d'aluminium et 1 à 3 moles d'oxyde de calcium. Connaissant les poids des produits borés obtenus et leurs pourcentages en bore et en calcium, il nous a été possible de déterminer les quantités d'anhydride borique et d'oxyde de calcium effectivement réduites et de calculer les compositions exactes des scories correspondantes. Celles-ci contiennent 9,1 à 52,2 moles % d'anhydride borique, 13,4 à 47,0 moles % d'alumine et 29,2 à 53,1 moles % de chaux.

En comparant la solubilité de toutes les scories qui renferment sensiblement, en composition centésimale, le même nombre de moles d'oxyde de calcium, nous sommes arrivés aux conclusions suivantes :

Si ce nombre est inférieur à 40 %, la solubilité croît avec les rapports molaires B_2O_3/Al_2O_3 existant dans ces scories.

Si ce nombre est compris entre 40 et 53,1 % la solubilité des scories diminue tout d'abord, passe par un minimum pour croître ensuite continuellement quand les rapports B_2O_3/Al_2O_3 augmentent.

Les exemples suivants sont significatifs :

Nº des essais.	Composition des scories (moles %).	Rapports B_2O_3/Al_2O_3.	Insolubles analytiques (%).
1..........	9,14 B_2O_3/42,06 Al_2O_3/48,80 CaO	0,218	1,10
2..........	20,92 » /30,53 » /48,55 »	0,685	6,53
3..........	31,97 » /19,50 » /48,53 »	1,640	0,22
4..........	38,58 » /32,15 » /29,27 »	1,200	72,96
5..........	43,44 » /26,80 » /29,76 »	1,620	24,37
6..........	50,58 » /19,53 » /29,94 »	2,590	4,30

Ces variations sensibles de la solubilité sont explicables par le caractère amphotère de l'alumine. Dans les scories riches en anhydride borique, celle-ci fonctionne comme oxyde basique et perd alors ses propriétés habituelles d'insolubilité.

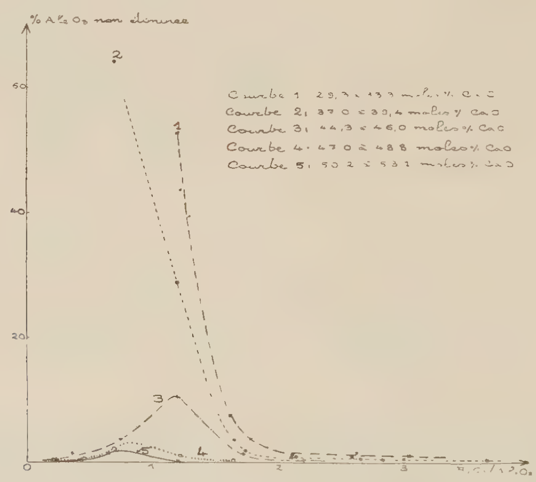


Fig. 1. — Variation de la solubilité des scories.

Dans la figure 1 nous portons en ordonnées les pourcentages d'alumine non éliminée ainsi définis :

$$\frac{\text{poids d'alumine subsistant après le traitement à l'acide chlorhydrique}}{\text{poids d'alumine correspondant à l'aluminium utilisé.}} \times 100.$$

Nos résultats expérimentaux et les valeurs obtenues par extrapolation des courbes ci-dessus nous permettent de tracer sur le diagramme ternaire B_2O_3-Al_2O_3-CaO une région délimitée par les points C, *n*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, *j*, *k*, *l*, *a*, *m* où les scories possèdent une solubilité quasi totale.

La zone hachurée est la plus intéressante au point de vue pratique, car elle permet d'économiser au maximum les matières premières.



Fig. 2. — Diagramme de solubilité des scories $B_2O_3/Al_2O_3/CaO$.

Les produits borés préparés titrent de 38,27 à 0,23 % de calcium. Les teneurs en bore évoluent en sens inverse passant de 58,00 à 79,17 %. Les produits riches en bore et pauvres en calcium renferment toujours de l'oxygène. La variété des résultats obtenus est illustrée par les exemples suivants :

N° des essais.....	7.	8.	9.
Composition charge........	2,5 B_2O_3/2 Al/ 2,8 CaO	2,5 B_2O_3/2 Al/ 2,35 CaO	4 B_2O_3/2 Al/ 2 CaO
Composition scorie........	1,64 B_2O_3/1 Al_2O_3/ 2,50 CaO	2,66 B_2O_3/1 Al_2O_3/ 2,18 CaO	2 B_2O_3/1 Al_2O_3/ 2 CaO
Analyses :			
Insoluble (%)...........	0,22	2,03	2,22
Si (%).................	0,18	0,22	0,14
Fe »	1,03	0,88	0,92
Al »	Traces	0,20	2,07
B »	60,50	61,91	79,17
Ca »	38,10	24,12	0,35
Examen cristallographique..	B_6Ca	B_6Ca + sous-oxydes de bore	Sous-oxyde de bore
Rendement (%)...........	92,60	86,80	95,20

Le rendement est calculé d'après l'aluminium réellement utilisé au cours de la réduction. Nous sommes en présence, soit de borure de calcium, soit de sous-oxydes de bore, soit de mélanges de ces composés.

La teneur en calcium dépend des concentrations respectives de l'anhydride borique et de l'oxyde de calcium contenus dans les mélanges réactionnels. Elle dépend également de la composition et de l'acidité des scories correspondantes. Faute de connaître le diagramme d'équilibre du système ternaire B_2O_3-Al_2O_3-CaO et de pouvoir calculer exactement les



Fig. 3. — Variation de la teneur en calcium des produits borés.

activités respectives des divers constituants des scories nous avons, dans la figure 3, caractérisé celles-ci en utilisant simplement l'ancienne notion d'indice de laitier.

(*) Séance du 17 juillet 1957.

(1) W. J. Kroll, *Z. anorg. Chem.*, **102**, 1918, p. 4.

(2) *Comptes rendus*, **125**, 1897, p. 629.

(3) Brevets allemands n° **142 871**, 1902 et n° **179 439**, 1904.

(4) Brevet français n° **405 131**, décembre 1909.

(*École Nationale supérieure d'Électrochimie et d'Électrométallurgie, Grenoble.*)

PHYSIOLOGIE. — *L'hypothermie d'origine physique (sèche ou mouillée) et l'hypothermie par chlorpromazine dans leurs rapports avec la température et l'indice chronologique vestibulaire.* Note (*) de M. **Georges Mouriquand**, Mme **Violette Edel** et Mlle **Renée Chighizola**.

Dans les Notes précédentes nous avons signalé soit dans l'hibernation artificielle (1) (physique), soit dans le surchauffage (2) du Rat et du Pigeon un parallélisme étroit de leur action sur l'évolution thermique et l'évolution de l'indice chronologique vestibulaire (L. Lapicque) ou chronaxie vestibulaire (C. V.) (de G. Bourguignon).

Dans tous nos cas, l'abaissement thermique ou l'élévation thermique se sont accompagnés parallèlement d'un abaissement ou d'une élévation de la C. V., la prédominance de l'abaissement ou de l'élévation était généralement plus marquée pour la C. V. que pour la T, mais toujours dans le sens de celle-ci.

En ne retenant ici que les indications fournies par l'hibernation artificielle signalons que ce parallélisme a été observé aussi bien chez les rats que chez les pigeons soumis à l'hibernation sèche et à l'hibernation mouillée.

Les rats ou pigeons soumis à l'hibernation sèche (à — 17° hygrométrie 40) n'ont pas atteint le stade poikilothermique. Il fut plus affirmé encore dans l'hibernation « humide » par bain glacé chez le rat résistant à l'hibernation « sèche » (où la chute thermique fut au-dessous de 20° (venue de 38°) et la chute C. V. à 0σ (venant de 10σ) : donc stade poikilothermique atteint avec mort fréquente.

Chez le pigeon gravement choqué (5 morts sur 10) par le bain glacé le même type de parallélisme fut observé (T et C. V.).

L'action abaissante de l'hypothermie a été envisagée par P. Chauchard et H. Mazoué ([5]) en ce qui concerne son action sur la chronaxie neuromusculaire (action périphérique).

En raison de l'action hypothermisante de la chlorpromazine nous nous sommes demandés s'il existait (comme pour les hibernations sèche ou mouillée) un parallélisme étroit entre son action sur la température et la C. V.).

Or nous avons observé aussi bien chez le pigeon que chez le rat que non seulement ce parallélisme n'existe pas mais qu'il y a inversion totale entre la température et la C. V. dans l'action par la chlorpromazine.

Rappelons que dans une Note antérieure ([6]) nous avons signalé l'action fortement élévatrice de la C. V. par la chlorpromazine (largactil).

Au cours de nouvelles expériences nous avons apprécié à la fois l'action de la chlorpromazine sur la température et la C. V.

Les exemples suivants montrent leur inversion chez le Rat et le Pigeon.

Rat (2 mai 1957), X mg (oral) de chlorpromazine.

T : départ, 39°; chute progressive à 36° (après 50 mn et 36°,4 après 120 mn).

C. V. : départ, 10σ; montée progressive à 14σ à 50 mn et à 17σ (en 1 h 20).

Rat (110 g, 2 mai 1957), V mg (oral) de chlorpromazine.

T : départ, 36°,3, en 5 mn chute à 35°,5, 36°,1 (à 25 mn).

C. V. : départ, 10σ; 15 mn, 11σ; 50 mn, 12σ; + 60 mn, 12σ.

La dissociation température C. V. est en général d'autant plus affirmée que la dose est plus forte.

Rat (160 g, 28 mai 1957), injection intramusculaire de V mg (somnolence assez accentuée).
T : départ, 36°,1 ; après 20 mn, 34°,8; + 35 mn, 33°,2 ; + 50 mn, 32°,1 ; + 60 mn, 33°,5.
C. V. : départ, 10 σ; après 35 mn, 12 σ; après 50 mn et 60 mn, 14 σ.

Rat (180 g, 4 juin 1957), injection intramusculaire de V mg.
T : départ, 38°,5 ; + 25 mn, 36°,8; + 40 mn, 35°,8; + 60 mn, 34°,5; + 2 h 5 mn, 33°,6; + 3 h, 32°,1 ; + 24 h, 38°,5.
C. V. : départ, 8 σ; + 5 mn, 3 σ; + 25 mn, 9 σ; + 35 mn, 10 σ; + 50 mn et 60 mn, 12 σ; + 2 h 5 mn, 12 σ.

PIGEONS. — *Exemples :*

Pigeon 300 g : XX mg de chlorpromazine (oral).
T : départ, 41°,2 ; chute à 38°,7 à 60 mn.
C. V. : départ, 10 σ; élévation à 16 σ en 60 mn et à 17 σ à 65 mn.

Pigeon 345 g : X mg puis V mg (oral).
T : départ, 41°; abaissement à 40° (après 4 h).
C. V. : élévation par X mg puis V mg (3e jour) à 16 σ (40°).

Pigeon n° 60 : injection intramusculaire de 12,5 mg de chlorpromazine.
T : départ, 42°,2 ; + 5 mn, 41°,8; + 25 mn, 40°,5 ; + 35 mn, 40°; 60 mn, 40°; + 120 mn, 40°; + 180 mn, 40°; + 24 h, 42°.
C. V. : départ, 10 σ; + 5 mn, 2 σ [abaissement (id. rat) par choc primordial comme dans l'injection de chlorhydrate de thiamine]; + 15 mn, 5 σ; + 25 mn, 7 σ; + 35 mn, 11 σ (à ce moment sortant de la période de choc apparaît le pouvoir élévateur de la chlorpromazine (*cf.* chlorhydrate de thiamine) ; + 40 mn, 13 σ; + 45 mn, 16 σ; *id.* 50 et 60 mn.

Pigeon : injection intramusculaire de 8,3 mg de chlorpromazine.
T : départ, 42°; + 45 mn, 41°,3; + 60 mn, 41°,2.
C. V. : départ, 9 σ; 15 mn, 8 σ; 45 mn, 11 σ; 60 mn, 12 σ; *id.* 65 mn (une dose moins forte entraîne un moindre écart T et C. V. avec moindre choc initial).

Pigeon 310 g (1er juin 1957) : injection intramusculaire de 12,25 mg.
T : départ, + 41°,7; + 30 mn, 40°,3; + 60 mn, 39°,9; + 2 h 30, 37°,4.
C. V. : départ, 9 σ; 3 mn, 5 σ; 15 mn, 7 σ; 20 mn, 10 σ; 30 mn, 12 σ; 60 mn, 14 σ; 2 h 30, 14 σ (trouvé mort le 3 juin 1957).

Pigeon 345 g (4 juin 1957) : injection intramusculaire de 12 mg de chlorpromazine.
T : départ, 42°,2; + 8 mn, 42°,1; + 25 mn, 41°; + 30 mn, 41°,5; + 40 mn, 41°,7; + 50 mn, 41°,5; + 2 h, 41°,2; + 3 h, 41°,4; + 24 h, 42°.
C. V. : départ, 10 σ; + 8 mn, 7 σ; + 25 mn, 12 σ; + 40 mn, 14 σ; + 50 mn, 14 σ; + 2 h, 14 σ (va bien).

En résumé, contrairement à ce qui est observé dans l'hibernation d'origine physique (froids sec ou mouillé) qui entraîne chez le Rat et le Pigeon régulièrement un abaissement parallèle de la température et de la C. V. la chlorpromazine dissocie ce parallélisme, son action thermique abaissante s'accompagnant d'une élévation de la C. V.

On peut conclure que les deux hypothermies obtenues par ces deux techniques différentes (physique et pharmacodynamique) ne sont pas

exactement de même ordre en ce qui concerne au moins leur action sur les centres nerveux (formation réticulaire ou autres) contrôlant la température et la C. V.

Cette distinction d'action dérivant d'autres techniques a été envisagée par divers auteurs, notamment J. Giaja (7), M. Tanche (8) et O. Benoit (9), etc.

Nos recherches en cours indiquent que l'hydergine entraîne comme la chlorpromazine la dissociation température C. V.

(*) Séance du 17 juillet 1957.

(1) G. Mouriquand, V. Edel et R. Chighizola, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 284.

(2) G. Mouriquand, V. Edel et R. Chighizola, *Soc. Biol.*, Lyon, 21 janvier 1957; *C. R Biologie*, 151, p. 124.

(3) G. Mouriquand, V. Edel et R. Chighizola, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 2214.

(4) G. Mouriquand, V. Edel et R. Chighizola, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 2757.

(5) *C. R. Soc. Biol.*, Paris, 1954, 75, p. 148.

(6) G. Mouriquand, V. Edel et R. Chighizola, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 844.

(7) J. Giaja, *Revue de Pathologie Générale et Comparée*, n° 668, mai 1955, p. 700.

(8) M. Tanche, *La chlorpromazine dans le choc traumatique et l'hypothermie expérimentale*, *Thèse*, Lyon, 1955 (Prof. Hermann).

(9) O. Benoit, *Contribution à l'étude des effets de l'hypothermie sur quelques structures cérébrales*, *Thèse*, Lyon, 1956 (Prof. Hermann).

DÉSIGNATIONS.

M. **Robert Courrier** est désigné pour représenter l'Académie au **Troisième Congrès de l'Association scientifique des pays de l'Océan Indien**, devant se tenir à l'Institut de recherche scientifique de Madagascar, à Tananarive du 24 octobre au 2 novembre prochain.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Évolution et Nutrition*, par Maurice Rose et Pierre Jores d'Arces;

2° *Les caractères des organismes vivants*, par Maurice Rose, in Collection de *La Science vivante*, dirigée par M. René Audubert;

3° *Steroid Homeostasis hypophysis and tumorigenesis*, par Alexander Lipschutz;

4° *Anuario do Observatorio de S. Paulo*, 1957;

5° *Checklist of the coleopterous insects of Mexico, Central America, the West Indies, and South America.* Part 6, par Richard E. Blackwelder.

ALGÈBRE. — *Sur les bornes des valeurs caractéristiques de certains produits des matrices et des matrices définies positives.* Note [*] de M. **Mohammad Ishaq**, présentée par M. Gaston Julia.

Étant donné m matrices carrées A, B, ..., K, à éléments appartenant au corps des nombres complexes, et un polynome $f(y)=y^\nu+c_1y^{\nu-1}+\ldots+c_{\nu-1}y+c_\nu (c_\nu\neq 0)$, dont les coefficients c_i sont réels ou complexes, nous obtenons les bornes supérieures et inférieures des valeurs caractéristiques de $f(A)\,f(B)\,\ldots\,f(K)$. Nous établissons plusieurs inégalités entre les valeurs caractéristiques des matrices définies postives.

1. Nous nous proposons d'étudier le problème suivant :

Étant donné m matrices carrées $A=(a_{ij})$, $B=(b_{ij})$, ..., $K=(k_{ij})$, *toutes d'ordre n, à éléments appartenant au corps des nombres complexes* $\mathcal{F}$, *et un polynome*

$$f(y)=y^\nu+c_1y^{\nu-1}+c_2y^{\nu-2}+\ldots+c_{\nu-1}y+c_\nu \qquad (c_\nu\neq 0)$$

dont les coefficients c_i *sont réels ou complexes, que peut-on dire des valeurs caractéristiques du produit des matrices* $f(A)\,f(B)\,\ldots\,f(K)$?

Dans ce qui suit, nous donnons les bornes supérieures et inférieures des valeurs caractéristiques du produit des matrices en terme des maxima des sommes des modules des éléments dans chaque ligne et dans chaque colonne des matrices individuelles.

Désignons les éléments du polynome matriciel $f(A)$ par $\overset{(f)}{a}_{ij}$ et supposons qu'ils appartiennent à $\mathcal{F}$. Posons

$$\overset{(f)}{\alpha}_i=\sum_{j=1}^{n}\left|\overset{(f)}{a}_{ij}\right|,\qquad \overset{(f)}{\theta}_j=\sum_{i=1}^{n}\left|\overset{(f)}{a}_{ij}\right|,\qquad \overset{(f)}{\alpha'_i}=\sum_{\substack{k=1\\ k\neq k}}^{n}\left|\overset{(f)}{a}_{ik}\right|,\qquad \overset{(f)}{\theta'_j}=\sum_{\substack{k=1\\ k\neq p}}^{n}\left|\overset{(f)}{a}_{kj}\right| \quad (k, p=1, 2, \ldots, n).$$

$$\overset{(f)}{\alpha}=\max_{1\leq i\leq n}\left(\overset{(f)}{\alpha}_i\right),\qquad \overset{(f)}{\theta}=\max_{1\leq j\leq n}\left(\overset{(f)}{\theta}_j\right),\qquad \overset{(f)}{\alpha'}=\max_{1\leq i\leq n}\left(\overset{(f)}{\alpha'_i}\right),\qquad \overset{(f)}{\theta'}=\max_{1\leq j\leq n}\left(\overset{(f)}{\theta'_j}\right),$$

et définissons $\left(\overset{(f)}{\beta}_i, \overset{(f)}{\beta}, \overset{(f)}{\varphi}_j, \overset{(f)}{\varphi}, \overset{(f)}{\beta'_i}, \overset{(f)}{\beta'}, \overset{(f)}{\varphi'_j}, \overset{(f)}{\varphi'}\right)$ et $\left(\overset{(f)}{\gamma}_i, \overset{(f)}{\gamma}, \overset{(f)}{\psi}_j, \overset{(f)}{\psi}, \overset{(f)}{\gamma'_i}, \overset{(f)}{\gamma'}, \overset{(f)}{\psi'_j}, \overset{(f)}{\psi'}\right)$ d'une façon analogue pour les matrices $f(B)$ et $f(C)$.

Nous énonçons les théorèmes suivants [1] pour le produit $f(A)\,f(B)\,f(C)$. Le même raisonnement s'applique au produit $f(A)\,f(B)\,\ldots\,f(K)$.

Théorème 1. — *Soit* ω *une valeur caractéristique de* $f(A)\,f(B)\,f(C)$; $\overset{(f)}{\alpha}, \overset{(f)}{\beta}, \overset{(f)}{\gamma}, \overset{(f)}{\theta}, \overset{(f)}{\varphi}, \overset{(f)}{\psi}$ *ayant la signification indiquée plus haut, on a*

$$|\omega|\leq\min\left(\overset{(f)}{\alpha}\,\overset{(f)}{\beta}\,\overset{(f)}{\gamma}, \overset{(f)}{\theta}\,\overset{(f)}{\varphi}\,\overset{(f)}{\psi}\right).$$

Remarque. — Les théorèmes classiques de Frobenius [2], Browne [3], Farnell [4] et A. Brauer [5] s'obtiennent comme des cas particuliers du théorème 1. Le théorème précédent s'applique aux matrices stochastiques. Nous

donnons aussi une démonstration simple du théorème de Farnell en nous appuyant sur le théorème 1.

2. Nous améliorons le théorème 1 sous la forme suivante :

THÉORÈME 2. — *Soient* $\overset{(f)}{\mathrm{P}}_s$, $\overset{(f)}{\mathrm{Q}}_s$ *respectivement les maxima des sommes des modules des éléments dans chaque ligne et dans chaque colonne de* $\{f(\mathrm{A})f(\mathrm{B})f(\mathrm{C})\}^{2^s}$ *où* s *est un entier positif.* ω *étant une valeur caractéristique de* $f(\mathrm{A})f(\mathrm{B})f(\mathrm{C})$, *on a*

$$|\omega| \leqq \min\left\{\left(\overset{(f)}{\mathrm{P}}_s\right)^{\frac{1}{2^s}}, \left(\overset{(f)}{\mathrm{Q}}_s\right)^{\frac{1}{2^s}}\right\}.$$

Remarque. — Il est à noter que le théorème 2 donne une meilleure borne supérieure de ω que celle donnée par le théorème 1. On a, en effet

$$\overset{(f)}{\alpha}\,\overset{(f)}{\beta}\,\overset{(f)}{\gamma} \geqq \left(\overset{(f)}{\mathrm{P}}_1\right)^{\frac{1}{2}} \geqq \left(\overset{(f)}{\mathrm{P}}_2\right)^{\frac{1}{2^2}} \geqq \ldots \geqq \left(\overset{(f)}{\mathrm{P}}_s\right)^{\frac{1}{2^s}} \geqq |\omega|,$$

$$\overset{(f)}{\theta}\,\overset{(f)}{\varphi}\,\overset{(f)}{\psi} \geqq \left(\overset{(f)}{\mathrm{Q}}_1\right)^{\frac{1}{2}} \geqq \left(\overset{(f)}{\mathrm{Q}}_2\right)^{\frac{1}{2^2}} \geqq \ldots \geqq \left(\overset{(f)}{\mathrm{Q}}_s\right)^{\frac{1}{2^s}} \geqq |\omega|.$$

Nous obtenons une borne inférieure des valeurs caractéristiques de $f(\mathrm{A})f(\mathrm{B})f(\mathrm{C})$ sous la forme suivante :

THÉORÈME 3. — *Soit* ω *une valeur caractéristique de* $\mathrm{U} = f(\mathrm{A})f(\mathrm{B})f(\mathrm{C})$ *et supposons* $|u_{ii}| - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} |u_{ij}| > 0$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$. $\overset{(f)}{\alpha}$, $\overset{(f)}{\beta}$, $\overset{(f)}{\gamma}$, $\overset{(f)}{\alpha}{}'$, $\overset{(f)}{\beta}{}'$, $\overset{(f)}{\gamma}{}'$, $\overset{(f)}{\theta}$, $\overset{(f)}{\varphi}$, $\overset{(f)}{\psi}$, $\overset{(f)}{\theta}{}'$, $\overset{(f)}{\varphi}{}'$, $\overset{(f)}{\psi}{}'$ *ayant la signification usuelle,* ω *satisfait aux inégalités*

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{ll}
|\omega| \geqq \sum_{i,j=1}^{n} \left|\overset{(f)}{a}_{ki}\,\overset{(f)}{b}_{ij}\,\overset{(f)}{c}_{jk}\right| - \overset{(f)}{\alpha}\,\overset{(f)}{\beta}\,\overset{(f)}{\gamma}{}', & |\omega| \geqq \sum_{i,j=1}^{n} \left|\overset{(f)}{b}_{li}\,\overset{(f)}{c}_{ij}\,\overset{(f)}{a}_{jl}\right| - \overset{(f)}{\beta}\,\overset{(f)}{\gamma}\,\overset{(f)}{\alpha}{}', \\
|\omega| \geqq \sum_{i,j=1}^{n} \left|\overset{(f)}{c}_{mi}\,\overset{(f)}{a}_{ij}\,\overset{(f)}{b}_{jm}\right| - \overset{(f)}{\gamma}\,\overset{(f)}{\alpha}\,\overset{(f)}{\beta}{}', & |\omega| \geqq \sum_{i,j=1}^{n} \left|\overset{(f)}{a}_{pi}\,\overset{(f)}{b}_{ij}\,\overset{(f)}{c}_{jp}\right| - \overset{(f)}{\theta}{}'\,\overset{(f)}{\varphi}\,\overset{(f)}{\psi}, \\
|\omega| \geqq \sum_{i,j=1}^{n} \left|\overset{(f)}{b}_{qi}\,\overset{(f)}{c}_{ij}\,\overset{(f)}{a}_{jq}\right| - \overset{(f)}{\varphi}{}'\,\overset{(f)}{\psi}\,\overset{(f)}{\theta}, & |\omega| \geqq \sum_{i,j=1}^{n} \left|\overset{(f)}{c}_{ri}\,\overset{(f)}{a}_{ij}\,\overset{(f)}{b}_{jr}\right| - \overset{(f)}{\psi}{}'\,\overset{(f)}{\theta}\,\overset{(f)}{\varphi},
\end{array}\right.$$

$(k, l, m, p, q, r = 1, 2, \ldots, n)$, *donc à l'inégalité* $|\omega| \geqq \mathrm{R}$ *où* R *est le maximum des seconds membres de* (1).

Nous précisons aussi les bornes supérieures et inférieures des parties réelles et imaginaires des valeurs caractéristiques de $f(\mathrm{A})f(\mathrm{B})f(\mathrm{C})$.

3. Considérons m matrices carrées (réelles) définies positives [6] A, B, ..., K toutes d'ordre n et soient $\alpha_r, \beta_r, \ldots, \lambda_r$ $(r = 1, 2, \ldots, n)$ respectivement leurs valeurs caractéristiques. Posons $\mathrm{V} = \mathrm{AB}\ldots\mathrm{K}$ et soient μ_r $(r = 1, 2, \ldots, n)$ les valeurs caractéristiques de V. Nous obtenons le théorème suivant :

Théorème 4. — A, B, ..., K *étant des matrices définies positives et* V = AB...K, *leurs valeurs caractéristiques satisfont aux inégalités*

$$(2)\qquad \mu_1\mu_2\ldots\mu_n \leq \alpha_i\beta_i\ldots\lambda_i\left[\frac{\mathfrak{T}(A+B+\ldots+K)-(\alpha_i+\beta_i+\ldots+\lambda_i)}{n(n-1)}\right]^{n(n-1)},$$

$$(3)\qquad \mu_1\mu_2\ldots\mu_n \leq \alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_n\left[\frac{\mathfrak{T}(B+C+\ldots+K)}{n(n-1)}\right]^{n(n-1)},$$

$$(4)\qquad \mu_1\mu_2\ldots\mu_n \leq \lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_n\left[\frac{\mathfrak{T}(A+B+\ldots+J)}{n(n-1)}\right]^{n(n-1)},$$

où $\mathfrak{T}(A)$ *est la trace de la matrice* A.

Remarque. — Si la matrice V est définie positive, les valeurs caractéristiques de A, B, ..., K et V vérifient l'inégalité

$$(5)\qquad (\alpha_1\beta_1\ldots\lambda_1)\ldots(\alpha_n\beta_n\ldots\lambda_n) \leq \mu_i\left[\frac{\mathfrak{T}(V)-\mu_i}{n-1}\right]^{n-1}.$$

4. Définissons $M_t(t>0)$ par les relations suivantes :

$$M_t\left(\frac{\alpha\beta\ldots\lambda}{\alpha_i\beta_i\ldots\lambda_i}\right)=\left[\frac{\mathfrak{T}(A^t+B^t+\ldots+K^t)-(\alpha_i^t+\beta_i^t+\ldots+\lambda_i^t)}{n(n-1)}\right]^{\frac{1}{t}},$$

$$M_t\left(\frac{\alpha}{\alpha_i}\right)=\left[\frac{\mathfrak{T}(A^t)-\alpha_i^t}{n-1}\right]^{\frac{1}{t}}.$$

Nous nous appuyons maintenant sur le lemme suivant [7] :

Lemme. — $M_t(\alpha\beta\ldots\lambda/\alpha_i\beta_i\ldots\lambda_i) \leq M_{2t}(\alpha\beta\ldots\lambda/\alpha_i\beta_i\ldots\lambda_i)$ $(t>0)$.

Il vient donc

$$(6)\qquad M_1 \leq M_2 \leq M_{2^2} \leq \ldots \leq M_{2^s},$$

où s est un entier positif. Nous omettons la quantité entre parenthèses qui peut être définie convenablement pour chaque suite (6).

En utilisant les relations (6), nous pouvons améliorer les inégalités (1), (2), (3), (4) et (5), nous obtenons, par exemple, les relations

$$\frac{\alpha_i\beta_i\ldots\lambda_i}{\mu_1\mu_2\ldots\mu_n} \geq \frac{1}{M_1^{n(n-1)}\left(\frac{\alpha\beta\ldots\lambda}{\alpha_i\beta_i\ldots\lambda_i}\right)} \geq \frac{1}{M_2^{n(n-1)}\left(\frac{\alpha\beta\ldots\lambda}{\alpha_i\beta_i\ldots\lambda_i}\right)} \geq \ldots \geq \frac{1}{M_{2^s}^{n(n-1)}\left(\frac{\alpha\beta\ldots\lambda}{\alpha_i\beta_i\ldots\lambda_i}\right)},$$

$$\frac{\alpha_i}{|A|} \geq \frac{1}{M_1^{n-1}\left(\frac{\alpha}{\alpha_i}\right)} \geq \frac{1}{M_2^{n-1}\left(\frac{\alpha}{\alpha_i}\right)} \geq \ldots \geq \frac{1}{M_{2^s}^{n-1}\left(\frac{\alpha}{\alpha_i}\right)},$$

la dernière relation définissant une borne supérieure pour le déterminant de la matrice A.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) Pour les démonstrations des théorèmes énoncés, nous renvoyons le lecteur à notre Thèse : *Étude de quelques opérateurs et matrices remarquables et de leurs valeurs caractéristiques*, Faculté des Sciences de l'Université de Paris, 1957.

(2) *Sitzungsberitche der Kgl. Preussichen Akademie der Wissenschaften*, 1908, p. 471.

(3) *Bull. Amer. Math. Soc.*, 36, 1930, p. 705.

(4) *Bull. Amer. Math. Soc.*, 50, 1944, p. 789.

(5) *Duke Math. J.*, 13, 1946, p. 387.

(6) Nous employons les *matrices définies positives* au sens de TURNBULL et AITKEN, *Introduction to the theory of canonical matrices*, Glasgow, 1932, p. 90.

(7) HARDY, LITTLEWOOD et PÓLYA, *Inequalities*, Cambridge, 1952, p. 16.

(*Mathematico Department Luchnow University*, *Indes*.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques propriétés de la fonction de Green.* Note (*) de M. **CAIUS JACOB**, transmise par M. Henri Villat.

Les coefficients du développement en série de la fonction de Green G(M ; P) d'un domaine Ω multiplement connexe, au voisinage d'un point M à distance finie ou à l'infini, possèdent quelques propriétés remarquables en tant que fonctions du point P. Une généralisation de la formule de Poisson-Jensen en résulte.

1. Soit dans le plan $z=x+iy$ le domaine Ω, d'un seul tenant, dont la frontière C est formée par les courbes fermées simples $C_1, \ldots, C_p (p \geq 1)$, sans points communs, à tangentes et courbures variant continûment. Le point $z=\infty$ est par hypothèse intérieur à Ω. Considérons deux fonctions harmoniques A(M), B(M), régulières dans Ω, à l'exception des points $z=\infty$ et $z=z_s$ $(s=1, 2, \ldots, r)$ au voisinage desquels on ait les développements

$$(1)\quad \begin{cases} A(M)+iA^*(M)=\alpha_0+i\beta_0+a\log z+\sum_{n=1}^{\infty}(\alpha_n-i\beta_n)z^n+\sum_{n=1}^{\infty}(\gamma_n+i\delta_n)z^{-n}, \\ B(M)+iB^*(M)=\alpha'_0+i\beta'_0+a'\log z+\sum_{n=1}^{\infty}(\alpha'_n-i\beta'_n)z^n+\sum_{n=1}^{\infty}(\gamma'_n+i\delta'_n)z^{-n}; \end{cases}$$

$$(2)\quad \begin{cases} A(M)+iA^*(M)=\alpha_{os}+i\beta_{os}+a_s\log(z-z_s) \\ \qquad +\sum_{n=1}^{\infty}(\alpha_{ns}-i\beta_{ns})(z-z_s)^n+\sum_{n=1}^{\infty}(\gamma_{ns}+i\delta_{ns})(z-z_s)^{-n}, \\ B(M)+iB^*(M)=\alpha'_{os}+i\beta'_{os}+a'_s\log(z-z_s) \\ \qquad +\sum_{n=1}^{\infty}(\alpha'_{ns}-i\beta'_{ns})(z-z_s)^n+\sum_{n=1}^{\infty}(\gamma'_{ns}+i\delta'_{ns})(z-z_s)^{-n} \\ \qquad (s=1, 2, \ldots, r), \end{cases}$$

avec a, a', a_s, a'_s réels. $A^*(M)$ et $B^*(M)$ désignent respectivement les conjuguées harmoniques de A(M) et B(M).

Sous les hypothèses habituelles de comportement de A(M) et B(M) sur la frontière, on a alors la formule

$$(3)\quad \int_C\left(A\frac{dB}{dn}-B\frac{dA}{dn}\right)ds=T_\infty-\sum_{s=1}^{r}T_s.$$

avec

$$(4)\quad \begin{cases} T_\infty = 2\pi\left[\alpha_0 a' - \alpha'_0 a - \sum_{n=1}^{\infty} n(\alpha_n\gamma'_n + \beta_n\delta'_n) + \sum_{n=1}^{\infty} n(\alpha'_n\gamma_n + \beta'_n\delta_n)\right], \\ T_s = 2\pi\left[\alpha_{0s}a'_s - \alpha'_{0s}a_s - \sum_{n=1}^{\infty} n(\alpha_{ns}\gamma'_{ns} + \beta_{ns}\delta'_{ns}) + \sum_{n=1}^{\infty} n(\alpha'_{ns}\gamma_{ns} + \beta'_{ns}\delta_{ns})\right]. \end{cases}$$

La relation (3) généralise la formule classique de Green.

2. Soit $G(M; P)$ la fonction de Green de Ω, relativement à P. Au voisinage du point à l'infini, on a le développement

$$(5)\qquad G(M; P) = a_0(P) + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n(P)\cos n\theta + b_n(P)\sin\theta n]\, r^{-n} \qquad (z_M = r e^{i\theta}).$$

Désignons par $u_j(M)$, $(j = 1, 2, \ldots, p)$, les mesures harmoniques des contours C_j et considérons également le développement en série de $u_j(M)$ au voisinage de $z = \infty$:

$$(6)\qquad u_j(M) = u_j(\infty) + \sum_{n=1}^{\infty} [c_n^{(j)}\cos n\theta + d_n^{(j)}\sin n\theta]\, r^{-n}.$$

On a les propriétés suivantes : 1° les fonctions $a_0(P)$, $a_n(P)$, $b_n(P)$, $(n = 1, 2, \ldots)$ sont harmoniques et régulières dans Ω, sauf pour $z = \infty$; 2° les différences

$$a_0(P) - \log|z_P|, \qquad a_n(P) - \operatorname{Re}\left\{\frac{1}{n} z_P^n\right\}, \qquad b_n(P) - \operatorname{Im}\left\{\frac{1}{n} z_P^n\right\},$$

sont régulières à l'infini; 3° les fonctions $a_0(P)$, $a_n(P)$, $b_n(P)$ sont nulles sur C; 4° les périodes des conjuguées harmoniques $a_0^*(P)$, $a_n^*(P)$, $b_n^*(P)$, des fonctions $a_0(P)$, $a_n(P)$, $b_n(P)$, autour de C_j, sont égales respectivement à $2\pi u_j(\infty)$, $2\pi c_n^{(j)}$, $2\pi d_n^{(j)}$; 5° si la série $\Sigma(\alpha_n - i\beta_n)z^n$ représente une fonction entière, alors

$$(7)\qquad W(P) = \sum_{n=1}^{\infty} n[\alpha_n a_n(P) + \beta_n b_n(P)]$$

est une fonction harmonique régulière dans Ω, sauf pour le point $z = \infty$, au voisinage duquel la différence

$$W(P) - \operatorname{Re}\left\{\sum_{n=1}^{\infty}(\alpha_n - i\beta_n)z^n\right\}$$

est régulière.

3. Soit $\Gamma(M; P) = G(M; P) + iH(M; P)$ la fonction de Green complexe; au voisinage du point P_s, d'affixe z_s, une détermination quelconque de $\Gamma(M; P)$ admet le développement en série

$$\Gamma(M; P) = \Gamma(P_s, P) + \sum_{n=1}^{\infty}[a_{ns}(P) - ib_{ns}(P)](z - z_s)^n,$$

avec

(8) $$a_{ns}(P) - ib_{ns}(P) = \frac{1}{n!}\left\{\frac{\partial^{n-1}}{\partial x_M^{n-1}}\left(\frac{\partial}{\partial x_M} - i\frac{\partial}{\partial y_M}\right)G(M; P)\right\}_{M=P_s}.$$

Posons

(9) $$U_n(P; P_s) = n[\gamma_{ns}a_{ns}(P) + \delta_{ns}b_{ns}(P)],$$

γ_{ns} et δ_{ns} étant des nombres réels. On a les propriétés : 1° $U_n(P; P_s)$ est harmonique et régulière dans Ω, exception faite du point P_s; 2° la différence

$$U_n(P; P_s) - \mathrm{Re}\left\{\frac{\gamma_{ns} + i\delta_{ns}}{(z - z_s)^n}\right\}$$

est régulière au point P_s; 3° pour $Q \in C$, on a $U_n(Q; P_s) = 0$; 4° la période de $V_n(P; P_s)$, conjuguée harmonique de $U_n(P; P_s)$, relativement à C_j est égale à

$$K_{ns}^{(j)} = \frac{2\pi}{(n-1)!}\left\{\frac{\partial^{n-1}}{\partial x^{n-1}}\left(\gamma_{ns}\frac{\partial}{\partial x} + \delta_{ns}\frac{\partial}{\partial y}\right)u_j(M)\right\}_{M=P_s};$$

5° si $\sum_{n=1}^{\infty}(\gamma_{ns} + i\delta_{ns})(z - z_s)^{-n}$ représente une fonction entière en $(z - z_s)^{-1}$, alors la série

(10) $$W_s(P) = \sum_{n=1}^{\infty} U_n(P; P_s)$$

est uniformément convergente dans Ω, le point P_s étant exclu, et représente une fonction harmonique régulière, nulle sur C, telle en outre que la différence

$$W_s(P) - \mathrm{Re}\left\{\sum_{n=1}^{\infty}(\gamma_{ns} + i\delta_{ns})(z - z_s)^{-n}\right\}$$

soit régulière au point P_s.

Les propriétés énoncées aux n°s 2 et 3 découlent de (3) et des théorèmes de Harnack ainsi que de quelques résultats antérieurs [1].

4. Soit $U_0(P)$ la solution régulière du problème de Dirichlet relativement aux données continues $\Phi(Q)$ pour $Q \in C$. La fonction

(11) $$U(P) = U_0(P) + aa_0(P) - \sum_{s=1}^{r} a_s G(P; P_s) + W(P) + \sum_{s=1}^{r} W_s(P)$$

représente la solution du problème de Dirichlet relativement aux mêmes données $\Phi(Q)$ sur la frontière, lorsque les singularités imposées à $U(P)$ sont analogues à celles de $A(M)$ dans (1) et (2), aux points $z = \infty$ ou $z = z_s$ ($s = 1, 2, \ldots, r$). La formule (11) constitue une généralisation de la formule de Poisson-Jensen.

(*) Séance du 17 juillet 1957.

[1] *J. Math. pures et appl.*, 9e série, 18, 1939, p. 363.

(*Institutul de Matematica, Bucarest, Roumanie.*)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les courants polyharmoniques.*
Note (*) de M. **Jean Elianu**, présentée par M. Paul Montel.

On démontre que, sur un espace de Riemann V possédant une structure différentiable d'ordre infini, tout courant polyharmonique dans un domaine D est égal à une forme polyharmonique dans D, analytique dans D si V est analytique, ou harmonique dans D si V est compact.

Considérons un espace de Riemann V à n dimensions ayant une structure C^∞, dont le tenseur fondamental est aussi C^∞ et soient $\mathcal{E}$, l'espace vectoriel des formes différentielles extérieures φ à coefficients réels et qui sont C^∞ dans V, $\mathcal{D}$, l'espace vectoriel des formes φ à support compact et $\mathcal{D}'$, le dual topologique de $\mathcal{D}$ [*cf.* (2), p. 43].

Si $T[\varphi]$ est un courant dans V et Δ, l'opérateur harmonique correspondant au tenseur fondamental de V, nous dirons que le courant T est polyharmonique d'ordre m dans un domaine D de V, si l'on a $\Delta^m T = 0$, dans D. Pour $m = 1$, on obtient les courants harmoniques.

Théorème I. — *Dans l'espace* V, *tout ensemble de courants* T *borné dans* $\mathcal{D}'$ *et tel que l'ensemble des* $\Delta^m T$ *soit borné dans* $\mathcal{E}$, *est formé par des formes* C^∞ *dont l'ensemble est borné dans* $\mathcal{E}$.

Le théorème précédent coïncide pour $m = 1$ avec un théorème de M. G. de Rham [(2), p. 149]. Nous donnerons la démonstration par récurrence.

L'ensemble des courants T étant borné dans $\mathcal{D}'$, il en résulte que l'ensemble des courants $T_1 = \Delta^{m-1} T$ sera aussi borné dans $\mathcal{D}'$, parce que l'opération Δ est une application linéaire et continue de $\mathcal{D}'$ sur lui-même, qui change toute partie bornée de $\mathcal{D}'$ en une partie bornée de $\mathcal{D}'$. Mais par hypothèse, l'ensemble des courants $\Delta T_1 = \Delta^m T$ est borné dans $\mathcal{E}$ et, en vertu du théorème de M. G. de Rham, l'ensemble des courants T_1 sera borné dans $\mathcal{E}$. En supposant vrai le théorème précédent pour $m - 1$, on en déduit que l'ensemble des courants T sera borné dans $\mathcal{E}$, ce qui signifie en premier lieu que T appartient à $\mathcal{E}$, donc le théorème sera aussi vrai pour m.

Corollaire I. — *Un courant* T *de* V, *tel que* $\Delta^m T$ *soit égal à une forme qui est* C^∞ *dans un domaine* D *de* V, *en particulier tout courant polyharmonique d'ordre m dans* D, *est égal à une forme qui est aussi* C^∞ *dans* D (*évidemment polyharmonique d'ordre m dans* D).

Si l'espace V est analytique, on a la proposition suivante :

Théorème II. — *Sur un espace* V *analytique, un courant* T *tel que* $\Delta^m T$ *soit égal, dans un domaine* D, *à une forme analytique, est lui-même égal dans* D *à une forme analytique.*

En effet, si $T_1 = \Delta^{m-1} T$, en vertu de l'hypothèse, ΔT_1 sera égal dans D à une forme analytique et d'après un autre théorème de M. G. de Rham [(2), p. 177],

il en résulte que T_1 sera lui-même égal à une forme analytique dans D. En répétant le raisonnement précédent, on en déduit que T sera égal dans D à une forme analytique.

COROLLAIRE II. — *Sur un espace V analytique, un courant polyharmonique d'ordre m dans un domaine* D, *est égal dans* D *à une forme analytique (polyharmonique d'ordre m).*

Si l'espace V est compact, nous mentionnerons d'abord le lemme suivant [1] :

LEMME. — *Sur un espace V compact, toute forme polyharmonique d'ordre m dans un domaine* D *est également une forme harmonique dans* D.

Pour les courants, on a la proposition correspondante suivante :

THÉORÈME III. — *Sur un espace V compact, tout courant* T *polyharmonique d'ordre m dans un domaine* D, *est égal à une forme qui est* C^∞ *et harmonique dans* D.

En vertu du théorème I, le courant T, polyharmonique d'ordre *m* dans D, sera égal dans D à une forme qui est C^∞ et polyharmonique d'ordre *m* dans D, par conséquent, d'après le lemme précédent, il sera égal dans D à une forme qui est C^∞ et harmonique dans D, ce qui démontre le théorème III.

COROLLAIRE III. — *Si, sur un espace V, il y a un courant polyharmonique d'ordre m dans un domaine* D *qui n'est pas égal à une forme* C^∞ *et harmonique dans* D, *alors l'espace V n'est pas compact.*

Comme exemple, on peut mentionner l'espace euclidien, dans lequel peuvent exister des formes polyharmoniques dans D qui ne sont pas en même temps harmoniques dans D [1].

On peut établir un résultat plus général, qui contient le théorème III comme cas particulier.

THÉORÈME IV. — *Sur un espace V compact, l'équation* $\Delta^m S = T$, *où* S *et* T *sont des courants, admet une solution* S, *si et seulement si,* T *est orthogonal à toutes les formes harmoniques.*

Dans ce cas, elle admet une solution unique Σ *orthogonale à toutes les formes harmoniques, qui est composante non harmonique commune à toutes ses solutions, de sorte qu'une solution quelconque est de la forme* $S = \Sigma + h$, *h désignant une forme harmonique arbitraire.*

Remarquons d'abord que, si l'équation $\Delta^m S = T$ admet une solution, en vertu du théorème III, toute autre solution se déduira de celle-ci par addition d'une forme harmonique arbitraire. De même, si l'équation considérée admet une solution, on aura les égalités scalaires

$$(T, h) = (\Delta^m S, h) = (\Delta^{m-1} S, \Delta h) = 0,$$

h désignant une forme harmonique quelconque. Il est donc nécessaire que T soit orthogonal à toutes les formes harmoniques.

Cette condition est aussi suffisante. A cet effet, considérons les équations

$$\Delta S = S_1, \qquad \Delta S_1 = S_2, \qquad \ldots, \qquad \Delta S_{m-2} = S_{m-1}, \qquad \Delta S_{m-1} = T.$$

D'après un théorème de G. de Rham [(2), p. 153], l'équation $\Delta S_{m-1} = T$ est possible et, si $\bar{S}_{m-1}$ est une de ses solutions, alors $S_{m-1} = \bar{S}_{m-1} - H\bar{S}_{m-1}$, où $H\bar{S}_{m-1}$ désigne la composante harmonique de $\bar{S}_{m-1}$, sera aussi une solution qui est orthogonale à toutes les formes harmoniques. En choisissant S_{m-1} égale à cette dernière solution, l'équation $\Delta S_{m-2} = S_{m-1}$ aura aussi une solution S_{m-2} orthogonale à toutes les formes harmoniques. En continuant ainsi, nous mettrons en évidence les courants $S, S_1, S_2, \ldots, S_{m-1}$, qui sont orthogonaux à toutes les formes harmoniques et qui vérifient les équations précédentes. Si l'on désigne par Σ le courant S, on aura pour ce courant $\Delta^m \Sigma = T$, par conséquent, la condition que doit remplir T pour l'existence d'une solution de l'équation considérée est aussi suffisante.

Nous avons obtenu une solution Σ de l'équation $\Delta^m S = T$, qui est orthogonale à toutes les formes harmoniques. Cette solution est unique, parce que, s'il y en avait une autre Σ', d'après la remarque initiale, on aurait $\Sigma' = \Sigma + h$, où h désigne une forme harmonique et nous en déduirions que $(\Sigma', h) = (\Sigma' + h, h) = (h, h) = 0$, c'est-à-dire que $h = 0$; par conséquent $\Sigma' = \Sigma$.

Si les courants considérés sont homogènes et de degré zéro, tous les résultats peuvent être énoncés dans le langage des distributions de L. Schwartz (3).

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) J. Elianu, *Sur les formes différentielles polyharmoniques*, Communication faite au Congrès des Mathématiciens roumains, Bucarest, 1956 (sous presse).

(2) G. de Rham, *Variétés différentiables*, Paris, Hermann et Cie, 1955.

(3) *Théorie des distributions*, Paris, Hermann et Cie; I, 1950; II, 1951.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE DIRECTE. — *Sur une opposition de courbures asymétrique déduite du paratingent libre.* Note (*) de M. **Jean Mirguet**, transmise par M. Georges Bouligand.

D'un sous-ensemble du paratingent de l'orthosurface (1), le paratingent libre, l'auteur a déjà présenté (2) les fécondes possibilités d'équivalence en matière de convexité; il en examine maintenant les effets à propos de l'opposition des courbures.

1. J'ai montré, dans un récent travail, les effets de convexité produits en un point M d'une orthosurface par des lois simples imposées à l'intersection du ptg non libre et de l'ensemble des plans totalement paratingents en M; par exemple, le vide de cette intersection, s'il a lieu partout, équivaut à la stricte convexité. Par le même instrument, je généralise ici la classique opposition symétrique des courbures, et mon champ d'étude, pour exposer aisément l'opposition asymétrique, se limitera aux orthosurfaces sur lesquelles toute demi-tg sans signe MD n'existera, que si l'intersection du demi-plan vertical de MD et de la surface se réduit, dans un voisinage non nul de M, au segment

rectiligne porté sur MD; ceci ne laisse que trois formes possibles pour la paratingente indifférente D_1MD_2 : ou bien MD_1 et MD_2 ont des signes, mais contraires; ou bien, de MD_1 et MD_2, l'une a un signe et l'autre est segmentaire; ou bien MD_1 et MD_2 sont, l'une et l'autre, segmentaires.

De plus, dans cette famille particulière de surfaces, et dans le but d'opérer en planéité du ptg, je ne considérerai que la classe restreinte des orthosurfaces U qui, en chacun de leurs points M, satisfont à la fois les deux conditions suivantes :

α. Le ptg non libre n'a pas d'élément intérieur, mais coupe chaque plan totalement paratingent en M en deux droites au moins.

β. Il existe une paratingente libre, en M, qui n'est pas supérieure.

La condition α ne permet pas d'élément intérieur dans le ctg, et elle exige que toute demi-tg soit portée par la frontière du cône C(M), ouvert et convexe, extraparatingent; des trois hypothèses possibles, qui en résultent, celle où le ctg serait une nappe de la frontière d'un C(M) strictement convexe, et celle où le ctg serait un demi-dièdre, univoque par rapport à la verticale de M, porté par la frontière d'un C(M) dièdre, sont impossibles, car elles comportent des plans totalement paratingents, d'appui strict pour le ctg respectif, qui, pour la première, ne contiennent aucune ptg^{te} non libre, et, pour la seconde, n'en contiennent qu'une, contrairement à la condition α. Donc, en chaque point, une orthosurface U possède un plan tangent P continu; sur P, figurent : 1° d'après β, une ptg^{te} A_1MA_2, libre, donc ayant un signe, qu'on dira *positif*, mais non supérieure; 2° d'après α, au moins deux ptg^{tes} non libres, mais peut-être plus, voire une infinité. En désignant par $\widehat{pMq}$, le demi-angle $(< \pi)$ limité par $\overrightarrow{Mp}$ et $\overrightarrow{Mq}$, on voit que, sur P, existe un demi-angle $\widehat{\theta_2 M t_1}$, auquel MA_1 est intérieure, et qui ne contient, extrémités comprises, que des demi-tg positives; et un angle $\widehat{t_2 M \theta_1}$, auquel MA_2 est intérieure, et qui ne contient, extrémités comprises, que des demi-tg positives.

2. Pour atteindre notre but, il suffira d'examiner le cas où il existe sur P une ptg^{te} non libre B_1MB_2 *positive* (comme A_1MA_2); on conviendra que MB_1 est intérieure à $\widehat{t_1 M \theta_1}$, MB_2 intérieure à $\widehat{\theta_2 M t_2}$. Puisque B_1MB_2 est positive, son défaut de liberté ne peut provenir que du fait qu'elle est limite de ptg^{tes} non positives, ce qui n'aurait pas lieu si MB_1 et MB_2 n'étaient l'une et l'autre limites que de demi-tg positives; donc, par exemple, MB_1 est limite de demi-tg non positives; donc, il existe, sur le demi-plan P_1, issu de A_1MA_2 et contenant MB_1, une demi-tg $M\delta$ non positive; ce n'est pas nuire à la généralité que de supposer $M\delta$, intérieure à $\widehat{t_1 M B_1}$.

En considérant l'intersection γ de la surface par un plan vertical ϖ, parallèle à A_1MA_2, et tendant vers M, on voit que γ ne peut porter de triplets

alignés dont les trois éléments tendraient, pour $\varpi \to M$, simultanément vers M, sinon A_1MA_2 serait supérieure. Il en résulte que $\widehat{B_1M\theta_1}$ ne peut contenir que des demi-tg positives; et que $\widehat{t_1MB_1}$ est divisé en deux : $\widehat{t_1M\tau}$ qui ne contient, en son intérieur que des demi-tg positives, et $\widehat{\tau MB_1}$, auquel $M\delta$ est intérieure, et qui ne contient que des demi-tg non positives; vu la nature segmentaire des indifférentes, $\widehat{\tau MB_1}$ ne contient que deux segmentaires au plus et ce sont, au plus, ses limites et, puisque MB_1 est positive, $M\tau$ au plus est une indifférente.

Dans le demi-plan P_2, opposé à P_1, les hypothèses α et β, après ce qui a été dit de P_1, n'exigent, ni ne défendent, la présence d'une non-positive; donc, avec le dispositif obligatoire, trouvé pour les demi-tg de P_1, est admissible, entre autres, un dispositif analogue sur P_2, c'est-à-dire que toute demi-tg de P_2 sera positive, sauf celles intérieures à un demi-angle $\widehat{TMB_2}$, lesquelles seront négatives. Il faut alors sous-distinguer : Si les deux demi-angles $\widehat{\tau MB_1}$ et $\widehat{TMB_2}$ négatifs sont situés d'un même côté de B_1MB_2, les ptg[tes] non libres sont celles qui supportent les demi-tg non extérieures à $\widehat{\tau MB_1} + \widehat{TMB_2}$; le ptg non libre est un continu auquel B_1MB_2 est intérieure. Si, au contraire, $\widehat{\tau MB_1}$ et $\widehat{TMB_2}$ sont situés de part et d'autre de B_1MB_2, ne sont non libres que les ptg[tes] qui supportent une seule demi-tg intérieure à $\widehat{\tau MB_1} + \widehat{TMB_2}$, et, en plus B_1MB_2, le support de MT et le support de $M\tau$; le ptg non libre est disjoint et comprend un continu et l'isolée B_1MB_2, auquel cas cette opposition asymétrique redeviendrait l'opposition symétrique classique, pour l'égalité d'ouverture de $\widehat{\tau MB_1}$ et $\widehat{TMB_2}$: ceci réduirait le ptg non libre à deux droites distinctes.

(*) Séance du 17 juillet 1957.

(1) G. Bouligand, *Introduction à la Géométrie infinitésimale directe*, Paris, 1932, p. 127-153.

(2) J. Mirguet, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 402.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur l'indépendance asymptotique des variables aléatoires liées*. Note (*) de M. **Hans Bühlmann**, présentée par M. Georges Darmois.

1. Définition et conditions. — Nous considérons une double suite de variables aléatoires centrées aux espérances mathématiques

$$X_{11};\quad X_{21}, X_{22};\quad X_{31}, X_{32};\quad \ldots;\quad X_{n1}, X_{n2}, \ldots, X_{nn};\quad \ldots.$$

Soient $F_{X_{n1}, X_{n2}, \ldots, X_{nn}}(x_{n1}, x_{n2}, \ldots, x_{nn})$ la fonction de distribution de la $n^{\text{ième}}$ ligne et $F_{X_{nk}}(x)$ la fonction de distribution de X_{nk}.

Définition. — Nous disons que la somme X_{nk} est asymptotiquement indépendante, si pour $n \to \infty$:

$$\text{(A)} \qquad F_{X_{n1}+X_{n2}+\ldots+X_{nn}}(x) - F_{X_{n1}}(x) \star F_{X_{n2}}(x) \star \ldots \star F_{X_{nn}}(x) \to 0.$$

Si la suite $F_{X_{n1}}(x) \star F_{X_{n2}}(x) \star \ldots \star F_{X_{nn}}(x)$ est compacte au sens complet, alors, si f_Y est la fonction caractéristique de Y, la condition (A) est équivalente à la condition

$$\text{(B)} \qquad f_{X_{n1}+X_{n2}+\ldots+X_{nn}}(u) - f_{X_{n1}}(u) \cdot f_{X_{n2}}(u) \cdot \ldots \cdot f_{X_{nn}}(u) \to 0.$$

Conditions pour l'indépendance asymptotique des sommes. — Dans son article *On Sets of Probability Laws and their Limit Distributions* M. Loève a donné les conditions suivantes pour l'indépendance asymptotique des sommes

$$(a) \qquad \sum_{k=1}^{n} E \left| E\left(X_{nk} \,\Big|\, \sum_{j=1}^{k-1} X_{nj} \right) \right| \to 0,$$

$$(b) \qquad \sum_{k=1}^{n} E \left| E\left(X_{nk}^2 \,\Big|\, \sum_{j=1}^{k-1} X_{nj} \right) - E(X_{nk}^2) \right| \to 0.$$

Si les X_{nk} satisfont à la condition de Liapounov :

$$(\alpha) \qquad \lim_{n \to \infty} \sum_{k=1}^{n} E\,|X_{nk}|^{2+\delta} = 0 \qquad \text{pour} \quad \delta > 0,$$

ces conditions sont suffisantes mais non nécessaires. Quelle est donc la condition que l'on doit imposer de plus à la suite des X_{nk} pour que les conditions (*a*) et (*b*) soient aussi nécessaires ? La réponse est comme suit : Soit (β) la condition suivante : (β). Il existe un nombre réel $u_0 \neq 0$, un nombre réel a, un $\varepsilon > 0$ et un indice N tel que, presque sûrement pour toutes les $S_{n,k-1}$ pour lesquelles $n \geq N$,

$$a + \varepsilon \leq u_0 S_{n,k-1} + \arg E\left(1 - \frac{u_0^2}{2} E(X_{nk}^2) - \exp[i u_0 X_{nk}] \,\Big|\, \sum_{j=1}^{k-1} X_{nj} = S_{n,k-1} \right) \leq a + \pi - \varepsilon.$$

Théorème. — *Dans le cas de Liapounov les conditions* (*a*) *et* (*b*) *sont nécessaires et suffisantes pour l'indépendance asymptotique des sommes pourvu que l'on ait* (β).

2. **Interprétation géométrique.** — Supposons que

$$E(\exp[iuS_{nn}]) - \prod_{k=1}^{n} E(\exp[iuX_{nk}]) \to 0,$$

et soient

$$S_{nj} = \sum_{k=1}^{j} X_{nk}; \qquad \varphi_{nj} = \prod_{k=1}^{j} \left[1 - \frac{u^2}{2} E(X_{nk}^2) \right].$$

On trouve que cette relation est équivalente à la condition suivante :

$$\sum_{j=1}^{n} \frac{\varphi_{nn}(u)}{\varphi_{nj}(u)} \int \exp[iux] \mathrm{E}\left[1 - \frac{u^2}{2}\mathrm{E}(\mathrm{X}_{nj}^2) - \exp[iu\mathrm{X}_{nj}] \,|\, \mathrm{S}_{n,j-1} = x\right] d\mathrm{F}_{\mathrm{S}_{n,j-1}}(x) \to 0.$$

Si nous remplaçons $\mathrm{E}[1 - (u^2/2)\mathrm{E}(\mathrm{X}_{nj}^2) - \exp[iu\mathrm{X}_{nj}]/\mathrm{S}_{n,j-1} = x]$ par $\rho_{nj}(u, x)\exp[i\psi_{nj}(u, x)]$, nous avons

$$\sum_{j=1}^{n} \int \exp[iux + i\psi_{nj}(u, x)]\,\rho_{nj}(u, x)\frac{\varphi_{nn}(u)}{\varphi_{nj}(u)} d\mathrm{F}_{\mathrm{S}_{n,j-1}}(x) \to 0.$$

Considérons un u_0 fixe;

$$\exp|i\alpha_{nj}(x)| = \exp|iu_0 x + i\psi_{nj}(u_0, x)|$$

est la coordonnée complexe d'un point sur le cercle-unité et

$$d\mathrm{G}_{nj}(x) = \rho_{nj}(u_0, x)\frac{\varphi_{nn}(u_0)}{\varphi_{nj}(u_0)} d\mathrm{F}_{\mathrm{S}_{n,j-1}}(x)$$

définit une distribution de masses positives sur le cercle-unité. La valeur réelle et la valeur imaginaire de l'intégrale $\sum_j \int \exp[i\alpha_{nj}(x)\, d\mathrm{G}_{nj}(x)$ représentent donc les moment de la distribution des masses par rapport à l'axe imaginaire, respectivement réel. L'interprétation géométrique de la condition nécessaire et suffisante dans le cas de Liapounov s'énonce alors sous la forme suivante :

(I) Les moments de cette distribution de masses doivent tendre vers zéro si n tend vers l'infini.

La condition de M. Loève exige que $\sum_{j=1}^{n} \int \rho_{nj}(u_0, x)\, d\mathrm{F}_{\mathrm{S}_{n,j-1}}(x) \to 0$. L'interprétation géométrique de cette condition est comme suit :

(II) La masse totale de la distribution des masses doit tendre vers zéro, si n tend vers l'infini.

Il est évident, que la condition (II) est équivalente à la condition (I) si toute la masse est concentrée sur un « strict » demi-cercle. La condition (β) est la forme analytique de cette condition géométrique. A première vue il semble nécessaire d'imposer la condition (β) pour chaque valeur de u. Mais les calculs montrent qu'il suffit de l'exiger seulement pour un $u_0 \neq 0$.

3. *Démonstration du théorème.* — Partons de la condition nécessaire et suffisante :

$$\sum_{j=1}^{n} \int \exp[iu_0 x + i\psi_{nj}(u_0, x)]\,\rho_{nj}(u_0, x)\frac{\varphi_{nn}(u_0)}{\varphi_{nj}(u_0)} d\mathrm{F}_{\mathrm{S}_{n,j-1}}(x) \to 0.$$

La condition (β) et l'inégalité suivante : $c \leq \varphi_{nn}(u_0) \leq \varphi_{nn}(u_0)/\varphi_{nj}(u_0) \leq 1$

pour n assez grand, impliquent que $\sum_{j=1}^{n} \int \rho_{nj}(u_0, x)\, dF_{S_{n,j-1}}(x) \to 0$. On trouve, en développant $\exp[iu_0 X_{nk}]$ et en appliquant la condition de Liapounov :

$$\sum_{j=1}^{n} E \left| iu_0 E(X_{nj} \mid S_{n,j-1}) - \frac{u_0^2}{2} [E(X_{nj}^2 \mid S_{n,j-1}) - E(X_{nj}^2)] \right| \to 0.$$

Cette condition nous donne

$$|u_0| \sum_{j=1}^{n} E \left| E(X_{nj} \mid S_{n,j-1}) \right| \to 0 \quad \text{et} \quad \frac{u_0^2}{2} \sum_{j=1}^{n} E \left| E(X_{nj}^2 \mid S_{n,j-1}) - E(X_{nj}^2) \right| \to 0.$$

Puisque $u_0 \neq 0$ par hypothèse, nous avons immédiatement

$$\sum_{k=1}^{n} E \left| E(X_{nk} \mid S_{n,k-1}) \right| \to 0, \qquad \sum_{k=1}^{n} E \left| E(X_{nk}^2 \mid S_{n,k-1}) - E(X_{nk}^2) \right| \to 0.$$

Ces deux conditions sont exactement celles de M. Loève.

(*) Séance du 1er juillet 1957.

(*Statisticals Laboratory, University of California, Berkeley, California, U. S. A.*)

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur le comportement asymptotique des chaînes de Markov.* Note (*) de M. **Jacques Neveu**, transmise par M. Georges Darmois.

Nous étudions, en utilisant la théorie des espaces de Riesz (« lattices vectoriels »), le comportement asymptotique des chaînes de Markov (non nécessairement stationnaires) à un nombre fini d'états. Dans le cas stationnaire, nos résultats donnent une démonstration simple de la décomposition classique de l'espace des états en groupements cycliques.

Les résultats de cette Note constituent une application de la proposition suivante : *Tout espace de Riesz complètement réticulé (« lattice vectoriel complet ») de dimension finie* N *est isomorphe à l'espace euclidien* R^N *à* N *dimensions*. Cette proposition est un cas particulier du théorème de Stone-Kakutani : *Tout espace de Riesz complètement réticulé qui possède un élément-unité* 1 ($f \leq n\,1$ *pour un entier n suffisamment grand et dépendant de f, quel que soit* $f \geq 0$) *est isomorphe à l'espace de Riesz* C(S) *des fonctions continues sur un compact stonien* S (1).

Si $u = \{u(m);\ m = 1, 2, \ldots, n\}$ est un vecteur de R_n, nous poserons $|u| = \max |u(m)|$. Nous désignerons par $\mathcal{F}$ l'espace des suites $f = \{f_i;\ i = 0, 1, 2, \ldots\}$ de vecteurs ($f_i \in R_n$) telles que $\|f\| = \sup |f_i| < \infty$. Nous noterons par 1 le vecteur de R_n de coordonnées-unités et par e l'élément-unité de $\mathcal{F}$: $e = \{1, 1, \ldots\}$.

Nous noterons A (avec ou sans indice) une matrice de Markov $n \times n$, c'est-à-dire un endomorphisme positif sur R_n tel que $A\,1 = 1$. Un processus de

Markov (non nécessairement stationnaire) est défini comme une suite de matrices de Markov $n \times n$, $A_i (i = 0, 1, 2, \ldots)$; une fonction aléatoire de Markov $\{X_i; i = 0, 1, 2, \ldots\}$ est soumise aux lois de passage de ce processus si, quels que soient $u \in R_n$ et $i = 0, 1, 2, \ldots$, on a $E[u(X_{i+1}) | X_i] = A_i u(X_i)$.

Soit $\mathcal{L}$ le sous-vectoriel de $\mathcal{F}$ des suites (bornées) telles que

$$f_i = A_i f_{i+1} \qquad (i = 0, 1, 2, \ldots).$$

Le lemme suivant est fondamental : *$\mathcal{L}$ est un espace de Riesz complètement réticulé de dimension finie* N et $1 \leq N \leq n$. L'opération $\bigvee$ (« borne supérieure ») est définie sur $\mathcal{L}$ par

$$\bigvee_\alpha f^{(\alpha)} = \sup_p K^p \left[\sup_\alpha f^{(\alpha)}\right] = \lim_{p \to \infty} K^p \left[\sup_\alpha f^{(\alpha)}\right],$$

où $\sup_\alpha f^{(\alpha)}$ désigne la borne supérieure des $f^{(\alpha)}$ dans l'espace $\mathcal{F}$ et où l'opérateur K est défini sur $\mathcal{F}$ par $(Kf)_i = A_i f_{i+1}$. On remarquera aussi que $e \in \mathcal{L}$. Le lemme précédent et la proposition citée au début impliquent l'existence d'un isomorphisme θ des espaces de Riesz $\mathcal{L}$ et R^N. Si $1^{(s)}$ désigne le vecteur $\{\underbrace{0\ldots0}_{s-1}\ 1\ \underbrace{0\ldots0}_{N-s}\}$ de R^N, nous poserons $\eta^{(s)} = \theta[1^{(s)}] \in \mathcal{L}$ $(s = 1, \ldots, N)$; on remarquera que $e = \theta(1) = \sum \eta^{(s)}$.

Si la fonction aléatoire $\{X_i; i = 0, 1, 2, \ldots\}$ est soumise aux lois de passage de $\{A_i, i = 0, 1, 2, \ldots\}$ et si $f \in \mathcal{L}$, la suite de variables aléatoires $f_i(X_i)$ est une martingale. Il en résulte *la convergence presque certaine de la suite des vecteurs aléatoires (à* N *dimensions) :* $\{\eta_i^{(s)}(X_i); s = 1, \ldots, N\} \to Z$ *dans* R_N. *De plus la loi de répartition de vecteur aléatoire limite* Z *est concentrée aux* N *points* $1^{(s)} (s = 1, \ldots, N)$ *et l'on a* $\Pr[Z = 1^{(s)} | X_i] = \eta_i^{(s)}(X_i)$. Ce résultat peut être reformulé de la manière suivante. Désignons par E l'ensemble des suites $\{x_i; i = 0, 1, 2, \ldots\}$ où $x_i \in \{1, \ldots, n\}$ et par $E^{(s)}$ le sous-ensemble de E des suites telles que $\eta_i^{(s)}(x_i) \to 1 \ (i \to \infty)$. Alors il résulte de ce qui précède que les ensembles $E^{(s)}$ sont non vides et disjoints deux à deux et que

$$\Pr[(X_1, X_2, \ldots) \in E^{(s)} | X_i] = \eta_i^{(s)}(X_i).$$

On remarquera que cela implique encore que

$$\Pr\left[(X_1, X_2, \ldots) \in \sum_s E^{(s)} | X_i\right] = 1.$$

Application au cas stationnaire. — Un processus de Markov est stationnaire si $A_i = A$ $(i = 0, 1, 2, \ldots)$. L'opérateur positif T défini sur $\mathcal{L}$ par $(Tf)_i = f_{i+1}$ admet un inverse positif : $(T^{-1}f)_i = f_{i-1}$ si $i \geq 1$, $(T^{-1}f)_0 = Af_0$; il s'en suit que le sous-ensemble fini $\{\eta^{(s)}; s = 1, \ldots, N\}$ de $\mathcal{L}$ est invariant par le groupe $\{T^p; p = 0, \pm 1, \ldots\}$. Il est alors naturel de modifier nos notations comme suit : les éléments $\eta^{(s)}$ $(s = 1, \ldots, N)$ seront notés $\eta^{(r,\alpha)}$ $\{\alpha$: entier

modulo ρ_r; $r=1, \ldots, M\}$ de telle manière que $\eta^{(r,\alpha+1)}=T\eta^{(r,\alpha)}$; on a évidemment $\sum_{r=1}^{M}\rho_r=N$. Si l'on introduit les vecteurs $u^{(r,\alpha)}$ dans R_n définis par $\eta_i^{(r,\alpha)}=u^{(r,\alpha+i)}$ et les sous-ensembles $G^{(r,\alpha)}$ de $\{1, \ldots, n\}$ définis par $G^{(r,\alpha)}=\{m : u^{(r,\alpha)}(m)=1\}$, il résulte immédiatement des résultats généraux ci-dessus : 1° que les ensembles $G^{(r,\alpha)}$ sont non vides et disjoints deux à deux; 2° que les équivalences presque certaines suivantes ont lieu pour toute fonction aléatoire soumise aux lois de passage de $\{A\}$:

$$X_i\in G^{(r,\alpha)} \Leftrightarrow X_{i+j}\in G^{(r,\alpha+j)} \quad \text{pour tout } j\geq 0,$$
$$(X_1, X_2, \ldots)\in E^{(r,\alpha)} \Leftrightarrow X_i\in G^{(r,\alpha+i)} \quad \text{pour un } i \text{ suffisamment grand.}$$

Chacun des ensembles $G^{(r,\alpha)}$ est la réunion d'un groupement cyclique et des états d'attraction (avec probabilité 1) de ce groupement. On remarquera aussi que l'ensemble des $v^{(r)}=\sum_{\alpha=1}^{r}u^{(r,\alpha)}$ $(r=1, \ldots, M)$ forment une base de l'espace des solutions (dans R_n) de $v=Av$.

Généralisation. — Pour étendre les résultats présentés ci-dessus au cas de chaînes de Markov à nombre non fini d'états, on remplacera dans les définitions du début l'espace R_n par le dual $\mathfrak{X}'$ d'un espace $(L)\mathfrak{X}$ et les matrices de Markov par des endomorphismes conjugués d'endomorphismes positifs sur $\mathfrak{X}$ tels que $A\,1=1$ (sur $\mathfrak{X}'$). Il existera alors un isomorphisme θ de $\mathcal{L}$ sur un espace $C(S)$.

Si $Z(f)$ désigne, lorsque $f\in\mathcal{L}$, la limite presque certaine des $f_i(X_i)(i\to\infty)$, le vecteur aléatoire $\{Z(f^{(1)}), \ldots, Z(f^{(p)})\}$ aura, quelles que soient $f^{(1)}, \ldots, f^{(p)}$ dans $\mathcal{L}$, même loi de répartition que $\{\theta f^{(1)}, \ldots, \theta f^{(p)}\}(Z)$, où Z est une variable aléatoire prenant ses valeurs sur S et telle que

$$E[g(Z)\,|\,X_i]=\theta^{-1}g(X_i) \qquad [g\in C(S)].$$

Cette proposition reste valable si l'on y remplace $\mathcal{L}$ par la plus petite algèbre fermée $\mathcal{A}$ de $\mathcal{F}$ qui contienne $\mathcal{L}$ et soit invariante par l'équivalence ρ $[f(\rho)g$ dans $\mathcal{F}$, si, par définition : $f_i=g_i$ sauf au plus pour un nombre fini d'indices]; θ est définie sur $\mathcal{A}$ comme la représentation continue de l'algèbre $\mathcal{A}$ sur l'algèbre $C(S)$ qui prolonge l'isomorphisme de $\mathcal{L}$ sur $C(S)$ et soit invariante par ρ.

Dans le cas stationnaire il existe une transformation biunivoque et bicontinue de S sur lui-même, soit Φ, telle que $\theta(Tf)=\theta f.\Phi(f\in\mathcal{L}$ ou $f\in\mathcal{A})$. En procédant comme dans le cas fini, on obtient des résultats qui contiennent les décompositions classiques en groupements cycliques et en groupements fermés ou presque fermés. Enfin si A est un endomorphisme quasi faiblement (= fortement) compact (condition de Doblin), S est un espace discret fini.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) N. Bourbaki, *Éléments de Mathématiques* (Ire partie); livre VI (*Intégration*); chap. II (*Espaces de Riesz*), Paris, Hermann et Cie, 1952. En particulier, nous renvoyons le lecteur à l'exercice 13 (p. 31-32) et à l'exercice 7 (p. 39).

RELATIVITÉ. — *Équations de Dirac en schéma relativiste général.*
Note (*) de M. **Jean-Marie Souriau**, transmise par M. Georges Darmois.

On propose, pour écrire les équations de Dirac, des variables tensorielles qui permettent l'extension de ces équations au cadre de la Relativité générale, sous une forme compatible avec les axiomes que nous avons proposés dans une Note antérieure (1).

Considérons une solution des équations de Dirac de l'électron, telle que le vecteur courant électrique ne soit pas isotrope.

On peut choisir, en chaque point de l'espace-temps, une base canonique des spineurs telle que la fonction d'onde ψ ait une représentation de la forme

$$\begin{bmatrix} z \\ 0 \\ i\bar{z} \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Nous prendrons, comme variables d'état de l'électron, la base de Lorentz canoniquement associée à cette base des spineurs, soit

$$S = [S_1 \quad S_2 \quad S_3 \quad S_4]$$

et le nombre complexe $z^2 = \rho\, e^{i\varphi}$.

La donnée de S et de z détermine ψ à un facteur ± 1 près; celle de ψ détermine complètement S et z.

Les nombres $\rho\cos\varphi$ et $\rho\sin\varphi$ sont les deux invariants classiques; ρS_1 est le vecteur courant électrique, ρS_2 le vecteur densité de spin; les vecteurs d'espace (unitaires et orthogonaux) ρS_3 et ρS_4 subissent une rotation plane d'angle α si l'on multiplie ψ par $e^{i\alpha}$.

Désignons par M le point générique de l'espace; considérons le tenseur de composantes $\omega_{ijk} = \overline{\partial_i M}.\partial_j S.S^{-1}.\partial_k M$ (il est antisymétrique en i et k parce que $\overline{S}.S$ est constant) et introduisons le vecteur V associé (après orientation de l'espace-temps) à sa composante complètement antisymétrique.

Le lagragien classique des équations de Dirac prend alors la forme

$$\rho\left[m\cos\varphi + h\frac{\partial\varphi}{\partial M}S_2 + k\overline{V}.S_2 + e\overline{A}.S_1\right]$$

(m, h, k, e sont des constantes déterminées; A est le potentiel-vecteur de l'éventuel champ électrique).

On en déduit aisément, compte tenu des liaisons, les huit équations tensorielles équivalentes aux équations de Dirac; elles peuvent d'ailleurs être résolues par rapport à V et div(ρS).

Le terme $k\rho\, \mathrm{V}.\mathrm{S}_2$ est égal, à un facteur constant près, à

$$\rho\{\bar{\mathrm{S}}_1[\mathrm{S}_3, \mathrm{S}_4] + \bar{\mathrm{S}}_3[\mathrm{S}_4, \mathrm{S}_1] + \bar{\mathrm{S}}_4[\mathrm{S}_1, \mathrm{S}_3]\},$$

$[\mathrm{S}_j, \mathrm{S}_k]$ désignant le *crochet de Lie* des vecteurs S_j, S_k; ce terme est donc, en coordonnées quelconques, une fonction invariante des variables d'état, de leurs dérivées et des g_{ij} (mais non des dérivées des g_{ij}). Il en est de même, visiblement, des autres termes du lagrangien (y compris des termes supplémentaires qui correspondent aux liaisons entre les vecteurs S_j).

Par suite, ce lagrangien peut se transporter tel quel en Relativité générale, conformément aux axiomes que nous avons proposés dans une Note antérieure (1); il représente alors la « *présence* » de l'électron.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) J. M. Souriau, *Comptes rendus*, **244**, 1957, p. 2779.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Diagrammes de traction du cuivre par charge continûment croissante.* Note (*) de MM. **Georges Balasse** et **Richard Gaspard**, transmise par M. Émile Henriot.

Nous avons pratiqué des expériences de traction sur des fils d'un matériau, tel le cuivre, présentant des phénomènes importants de fluage. Nos expériences ont montré que les courbes force-allongement dépendent moins sensiblement de la vitesse de charge si, contrairement aux modalités habituelles d'expériences qui opèrent par accroissements finis de charge, on procède par accroissement continu de charge.

Le fil de cuivre utilisé a un diamètre de 0,10 mm. Les divers tronçons extraits d'une même bobine avaient une longueur de 200 mm. Les allongements du fil se traduisaient par des variations en position d'un spot, dont l'enregistrement photographique continu réalisait un diagramme de traction. Les variations d'ordonnées lues sur les diagrammes valaient 15,6 fois les variations de longueur du fil. Par l'utilisation d'une balance de précision on compensait le poids de la nacelle devant contenir la charge.

Il fut pratiqué deux types d'expériences :

1° *Des expériences D.* — Les charges furent réalisées conformément aux conditions d'expérience habituellement adoptées, par l'apport d'accroissements finis de charge, à intervalles de temps égaux; dans le cas actuel, ces accroissements étaient le poids de 25 ml d'huile, soit 22,05 g, admis par écoulement, au niveau du fond de la nacelle. Entre deux accroissements successifs de charge on laissait s'écouler, pour un même dia-

gramme, une durée τ, toujours la même, dont les valeurs successivement choisies furent 2,5, 5,0, 10, 15, 30 et 60 mn.

2° *Des expériences C.* — Conduites en vue d'obtenir une charge continûment croissante, celle-ci fut apportée comme suit : des gouttes d'huile étaient amenées à l'extrémité d'un fil de coton très mince et s'y séparaient en minuscules gouttelettes. Sous l'effet de leur poids ces gouttelettes gagnaient, une à une, l'extrémité inférieure du fil de coton en contact avec le fond de la nacelle de chargement. Les vitesses d'écoulement de l'huile furent choisies en sorte que les durées nécessaires pour accroître la charge de 22,05 g furent successivement : 2,50, 4,20, 5,63, 26,97, 56,7 et 60,0 mn.

Les expériences C et D furent effectuées depuis une charge nulle jusqu'à une charge de 160 g environ, explorant ainsi une phase quasi parfaitement élastique, suivie d'une phase pour laquelle intervenaient d'importants effets de plasticité. Toutes précautions furent prises pour assurer la stabilité des dispositifs expérimentaux et la constance des températures de l'huile (à 0,02 de degré près) et du laboratoire (à 1° près).

Les expériences ont montré que, toutes précautions prises, la reproductibilité des phénomènes laisse à désirer. Deux tronçons successifs du fil peuvent donner lieu, toutes les conditions expérimentales étant cependant demeurées les mêmes, à des déformations qui, quantitativement, sont parfois sensiblement différentes. Cette même imprécision fut observée pour des fils de cuivre d'origines diverses. C'est pourquoi nous avons jugé nécessaire de reproduire chacune des expériences pour cinq tronçons de fil, au moins, de même origine. Chacun des résultats consignés dans le tableau ci-dessous sont extraits d'une courbe moyenne, dressée à partir des cinq diagrammes obtenus pour des conditions de charge identiques. Ils se rapportent à la phase quasi parfaitement élastique et se réfèrent à l'intervalle de charge 22,05-66,15 g. Ils expriment la valeur trouvée pour le module d'Young E en kg/mm² et mentionnent la valeur ΔE, écart moyen à la courbe moyenne des résultats observés pour chacun des diagrammes expérimentaux.

Tableau des résultats.

Courbes C.	E (kg/mm²).	ΔE (kg/mm²).	Courbes D.	E (kg/mm²).	ΔE (kg/mm²).
$C_{2,50}$	94.10^2	16.10^2	$D_{2,5}$	124.10^2	26.10^2
$C_{4,20}$	92 »	15 »			
			$D_{5,0}$	109 »	13 »
$C_{5,63}$	88 »	10 »			
			D_{10}	106 »	21 »
			D_{15}	102 »	17 »
$C_{26,97}$	100 »	22 »			
			D_{30}	96 »	10 »
$C_{56,70}$	99 »	15 »			
C_{60}	101 »	9 »	E_{60}	82 »	12 »

Les résultats expérimentaux permettent les conclusions ci-après :

Pour les expériences D, conformément aux expériences pratiquées par Mc Vetty P. G. [1] sur un acier à la température de 400° C, il existe une ordonnance des diagrammes de traction en fonction de la durée des essais. Cette ordonnance est imputable au fluage qui se manifeste après l'introduction de chaque accroissement fini de charge. Pour le cuivre, et dès la température ordinaire, elle se présente déjà, contrairement à l'opinion émise par E. Orowan [2], dans la phase quasi élastique.

Pour les expériences C, il se pourrait qu'une telle ordonnance existe, mais, dans l'actuelle imprécision qu'introduisent les circonstances fortuites intervenues au cours de la fabrication du fil, une telle ordonnance n'apparaît pas.

Comparant les expériences D aux expériences C, on observe, pour les expériences C, une dispersion des valeurs de E (de 88.10^2 à 101.10^2) de 13.10^2 alors que, pour les expériences D, cette dispersion (de 82.10^2 à 124.10^2) atteint la valeur 42.10^2. Il s'en déduit ainsi que, pour un matériau présentant des effets importants de fluage, un module d'Young puisse se définir avec une précision meilleure, si on se réfère à un mode de traction par force continûment croissante. Un tel mode de traction semblerait introduire, dans la transformation subie par le fil, une importance moindre des caractères d'irréversibilité et, par là, une définition meilleure des états intermédiaires acquis par le fil. Ce fut là l'idée de départ qui a suggéré l'exécution de la recherche expérimentale ci-dessus.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) *Proc. Amer. Soc. Test. Mater.*, 28, 1928, p. 69.

(2) *J. W. Scot. Iron Steel Inst.*, 54, 1947.

ASTROPHYSIQUE. — *L'écart à l'équilibre thermodynamique local dans la photosphère solaire.* Note (*) de M. **Jean-Claude Pecker**, présentée par M. André Danjon.

L'étude de l'intensité centrale des raies du titane montre que l'équilibre thermodynamique local (par abréviation E. T. L.) est loin d'être réalisé dans les couches photosphériques.

Au cours des vingt dernières années, de nombreuses recherches ont été menées utilisant la largeur équivalente des raies spectrales (cas solaire et stellaire) pour déterminer l'abondance des éléments correspondants.

Les méthodes utilisées [*voir* notamment Claas [1], Aller-Elske-Suzaku [2]] font appel, sans exception, mais de façon plus ou moins explicite, aux hypothèses suivantes :

(*a*) *Équilibre thermodynamique local* (*E. T. L.*). — Soit $T_{excitation} = T_{électronique}$.

(*b*) « *Absorption pure* ». — Soit $S_\lambda(T_e) \equiv B_\lambda(T_e)$ (S_λ, fonction-source; B_λ, fonction de Planck; T_e, température des électrons).

S'il est bien exact que l'hypothèse (*b*) est légitime dans le cas des raies utilisées en général (forces d'oscillateur petites par rapport à l'unité) — sinon dans celui des raies les plus intenses du spectre — il n'a jamais été démontré que l'hypothèse (*a*) était valide. En fait, dans les atmosphères stellaires, le seul fait qu'on observe des raies d'absorption est la preuve d'un certain écart à l'E. T. L. Dans quelle mesure peut-on, ou ne peut-on pas, négliger cet écart? Tel est le problème.

Examinons, par exemple, le cas du titane neutre, fréquemment utilisé pour la construction des courbes de croissance. Soit I_λ l'intensité restante au centre d'une raie, dans le spectre du centre du disque. On peut écrire

$$I_\lambda = \int_0^\infty S\, e^{-\tau}\, d\tau = S_\lambda[\tau_{raie} = 1]. \tag{1}$$

Écrivons alors, en supposant la diffusion négligeable (il est facile de démontrer, dans les cas envisagés, la légitimité de cette hypothèse) :

(2) $S_\lambda = B_\lambda(T_{exc})$ [*voir* par exemple Thomas [3]].

Les équations (1) et (2) permettent alors de calculer T_{exc} pour chaque raie étudiée, et l'hypothèse (*a*) permet d'assigner à cette température une certaine profondeur optique $\tau_{continu}$.

Si notre hypothèse (*a*) est compatible avec les observations, on doit trouver $T_{exc} = T_e$ à chaque profondeur, la relation $T_e(\tau_{cont})$ étant issue, d'une façon entièrement indépendante des observations, du spectre continu.

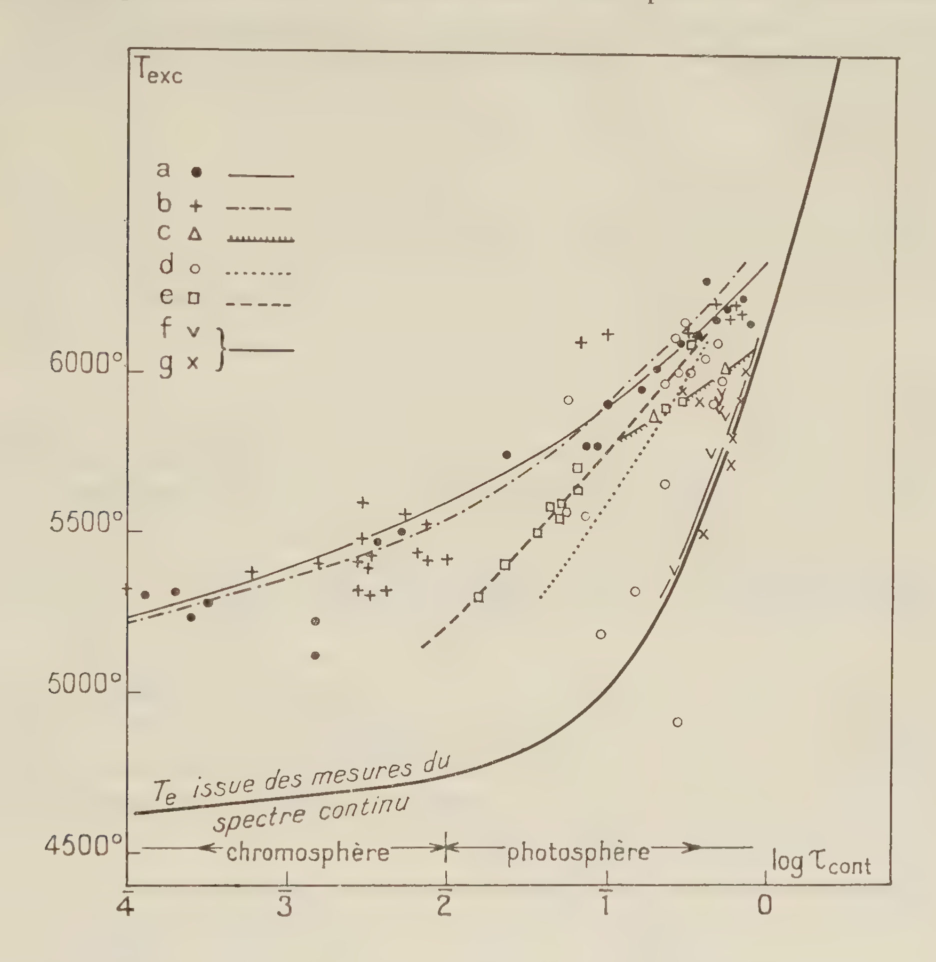
Or, les résultats de l'analyse sont en contradiction flagrante avec cette conclusion.

Les multiplets utilisés sont les suivants :

		Potentiels d'excitation (V).	
	Terme inférieur.	Niveau inférieur.	Niveau supérieur.
a	a^3F	0-0,05	2-3
b	a^5F	0,81-0,84	3-4
c	a^1D	0,90	3-4
d	a^3P	1,04-1,06	3,2-4,2
e	b^3F	1,42-1,45	3,3-4,5
f	a^5P	1,73-1,74	3,7-4,6
g	a^3G	1,87-1,88	3,9-4,8

La figure montre que, pour deux groupes de multiplets seulement, les multiplets *f* et *g*, le résultat de l'analyse est compatible avec l'hypothèse (*a*). Pour les autres multiplets, l'écart à l'E. T. L. est considérable. On peut d'ailleurs noter un comportement systématique de cet effet, d'autant plus grand

que le potentiel d'excitation du niveau inférieur est bas. Cette remarque permet d'être pratiquement sûr que l'effet en question est réel, et nullement dû à des erreurs, réelles sans doute, mais d'un ordre de grandeur plus petit, sur l'absorption continue ou les forces d'oscillateur, ou encore sur l'estimation de la lumière parasite diffusée dans les raies. Seule peut-être la considération



d'hétérogénéités permettrait de rendre compte des effets observés, sans faire appel à des écarts à l'équilibre thermodynamique ; une recherche est en cours, à l'aide des raies du vanadium, et les premiers résultats indiquent que la considération d'hétérogénéités n'est pas suffisante pour expliquer les observations.

Notre conclusion est donc : *Pour les raies étudiées, l'écart à l'équilibre thermodynamique local est important dans les couches photosphériques de profondeur optique continue inférieure à l'unité. Cet écart diminue quand on s'enfonce dans la photosphère, et quand on passe des raies dont le niveau inférieur a un faible potentiel d'excitation à celles dont le niveau inférieur a un potentiel d'excitation élevé.*

Une étude plus poussée, qui sera publiée en détail dans les revues spécialisées, a permis de tenir compte, dans le passage de τ_{raie} à τ_{cont}, de la possibilité d'un écart à l'E.T.L., et d'éliminer l'approximation $\tau_{\text{raie}} = 1$ faite ici. Les résultats ci-dessus sont confirmés. Il devient alors possible d'obtenir une description cohérente de l'atmosphère solaire; les résultats nouveaux permettent de prévoir les mesures classiques de température d'excitation; une nouvelle abondance, de nouvelles déterminations de la turbulence sont obtenues. Nous reviendrons sur certaines de ces applications dans une publication ultérieure.

(*) Séance du 17 juillet 1957.

(1) *Res. Astr. Obs. Utrecht*, 12, 1951, p. 1.

(2) *Ap. J.*, Suppl. nº 25.

(3) *Astrophys. J.*, 125, 1957, p. 260.

(*Observatoire de Paris.*)

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'invariance de jauge des champs du neutrino.* Note (*) de M. **Tzou Kuo-Hsien**, présentée par M. Louis de Broglie.

La possibilité d'une invariance de jauge est étudiée dans la théorie à quatre composantes ainsi que dans celle à deux composantes du neutrino dont la masse propre est supposée rigoureusement nulle.

1. Il semble être un principe que tous les champs linéaires de masse propre nulle comportent un arbitraire de jauge. C'est ainsi le cas du champ électromagnétique et de tous les champs tensoriels linéaires de masse propre nulle et de spin total entier. Nous examinons maintenant le cas du neutrino (spin 1/2) dont la masse propre est supposée nulle.

Dans la théorie habituelle à quatre composantes, les équations d'ondes sont

$$(1) \qquad \gamma_\lambda \partial_\lambda \psi = 0, \qquad \partial_\lambda \overline{\psi} \gamma_\lambda = 0 \qquad (\overline{\psi} = \psi^\dagger \gamma_4).$$

La fonction lagrangienne est alors

$$(2) \qquad L(\psi) = -\frac{1}{2}(\overline{\psi}\gamma_\lambda \partial_\lambda \psi - \partial_\lambda \overline{\psi} \gamma_\lambda \psi).$$

Effectuons maintenant une transformation (transformation de jauge) définie par

$$(3) \qquad \begin{cases} \Psi = \psi + \gamma_\lambda \partial_\lambda \Omega, & \overline{\Psi} = \overline{\psi} - \partial_\lambda \overline{\Omega} \gamma_\lambda, \\ \qquad \square \Omega = 0, & \qquad \square \overline{\Omega} = 0, \end{cases}$$

où $\overline{\Psi} = \Psi^\dagger \gamma_4$ et $\overline{\Omega} = \Omega^\dagger \gamma_4$. On démontre que les équations d'ondes (1) sont invariantes par rapport à cette transformation, c'est-à-dire que Ψ et $\overline{\Psi}$ satisfont

eux aussi aux équations (1). D'autre part, on a

$$(4)\qquad L(\Psi) = L(\psi) + \frac{1}{2}\partial_\lambda(\partial_\rho\bar{\Omega}\gamma_\rho\gamma_\lambda\psi - \bar{\psi}\gamma_\lambda\gamma_\rho\partial_\rho\Omega).$$

Le lagrangien est donc invariant de jauge aussi (à un terme de divergence près).

Mais, si l'on définit comme d'habitude le tenseur densité d'énergie-impulsion par

$$(5)\qquad T_{\lambda\rho}(\psi) = \frac{1}{2}(\bar{\psi}\gamma_\lambda\partial_\rho\psi - \partial_\rho\bar{\psi}\gamma_\lambda\psi),$$

il n'est pas invariant par rapport à (3), ni même l'énergie-impulsion totale $\int_\sigma T_{\lambda\rho}\, d\sigma_\lambda$. De même, les grandeurs tensorielles $\bar{\psi}O_i\psi$ (i = S, V, T, A, P) ne sont pas invariantes de jauge. On démontre cependant que

$$J_\lambda = \bar{\psi}\,\partial_\lambda\psi - \partial_\lambda\bar{\psi}\psi, \qquad q_\lambda = \bar{\psi}\gamma_5\,\partial_\lambda\psi - \partial_\lambda\bar{\psi}\gamma_5\psi$$

sont invariants de jauge au sens que $\partial_\lambda J_\lambda$, $\partial_\lambda q_\lambda$, $\int_\sigma J_\lambda\, d\sigma_\lambda$, $\int_\sigma q_\lambda\, d\sigma_\lambda$, sont invariants par rapport à (3).

Il est facile de démontrer que, par rapport aux transformations orthogonales des coordonnées, Ω doit se comporter comme un spineur à quatre composantes semblable à ψ et Ψ. Mais cette restriction sur Ω n'affecte par son caractère d'arbitraire de jauge dans la transformation (3).

2. Dans la théorie à deux composantes du neutrino ([1]), les équations d'ondes sont

$$(6)\qquad \partial_0\varphi + \vec{\sigma}.\vec{\partial}\varphi = 0, \qquad \partial_0\varphi^\dagger + \vec{\partial}\varphi^\dagger.\vec{\sigma} = 0,$$

et le lagrangien

$$(7)\qquad L(\varphi) = \frac{i}{2}\varphi^\dagger\left(\partial_0\varphi + \vec{\sigma}.\vec{\partial}\varphi\right) - \frac{i}{2}\left(\partial_0\varphi^\dagger + \vec{\partial}\varphi^\dagger.\vec{\sigma}\right)\varphi.$$

On démontre que (6) et (7) sont invariants par rapport à la transformation de jauge définie ici par

$$(8)\qquad \begin{cases} \Phi = \varphi + \left(\partial_0 - \vec{\sigma}.\vec{\partial}\right)\omega, & \Phi^\dagger = \varphi^\dagger + \left(\partial_0\omega^\dagger - \partial\omega^\dagger.\vec{\sigma}\right), \\ \square\,\omega = 0, & \square\,\omega^\dagger = 0. \end{cases}$$

ω doit se comporter comme un spineur à deux composantes semblable à φ et Φ par rapport aux transformations des coordonnées.

3. Si, comme dans le cas du champ électromagnétique, l'invariance de jauge est une propriété fondamentale des champs du neutrino, elle doit introduire certaines restrictions sur les interactions du neutrino avec d'autres champs. Examinons maintenant les interactions simples où intervient un seul neutrino (dans $\pi \to \mu + \nu$ et $n \to p + e + \bar{\nu}$ par exemple). Nous introduisons des cou-

plages $G_i(\bar{\chi} O_i \psi)(i = S, V, T, A, P)$, où χ représente μ (ou e) et G_i sont les variables du méson π (ou sont composés de celles de n et p). Alors les équations d'ondes du neutrino s'écrivent

$$\gamma_\lambda \partial_\lambda \psi = \xi, \qquad \partial_\lambda \bar{\psi} \gamma_\lambda = \bar{\xi}. \tag{9}$$

ξ et $\bar{\xi}$ sont fonctions des variables de π et μ (ou de celles de n, p et e) mais ne dépendent pas de ψ et $\bar{\psi}$. Les équations (9) sont donc encore invariantes par rapport à la transformation de jauge (3). Il faut alors que les interactions soient elles aussi invariantes par rapport à (3).

Dans le cas de la désintégration $\pi - \mu$, on démontre que les combinaisons suivantes des couplages P — A et V — S,

$$\Pi(\bar{\chi}\gamma_5\psi) + m^{-1}\,\partial_\lambda \Pi(\bar{\chi}\gamma_\lambda\gamma_5\psi), \tag{10}$$

$$\Pi(\bar{\chi}\psi) + m^{-1}\,\partial_\lambda \Pi(\bar{\chi}\gamma_\lambda\psi), \tag{11}$$

sont invariantes de jauge, Π étant la variable du champ π et m la masse propre de μ. Mais on démontre que, si la masse propre du neutrino est nulle, le couplage A est, au premier ordre, équivalent à P, et V équivalent à S, de sorte que les combinaisons (10) et (11) sont nulles au premier ordre. Il semble donc difficile de formuler des interactions non triviales qui soient invariantes par rapport à la transformation de jauge (3). Dans des cas plus compliqués comme $\mu \to e + \nu + \bar{\nu}$ où interviennent deux neutrinos, on rencontrera des difficultés semblables quant à l'invariance de jauge des interactions, car les grandeurs tensorielles du neutrino lui-même, $\bar{\psi} O_i \psi$, ne sont pas invariantes par rapport à la transformation de jauge (3), qui doit d'ailleurs elle-même être remplacée maintenant par une transformation plus compliquée.

La situation est pareille dans la théorie à deux composantes.

4. Malgré les difficultés qu'on rencontre dans la formulation des interactions en tenant compte de l'invariance de jauge, nous pensons que celle-ci est bien une propriété fondamentale des théories du neutrino, car les solutions des équations d'ondes comportent bien toujours un arbitraire de jauge. Il devrait être possible de trouver, pour le neutrino libre d'abord, une certaine modification dans la définition des grandeurs physiques (énergie-impulsion, spin, etc.), de sorte qu'elles soient invariantes de jauge [par rapport à (3) ou (8)]. Alors, définies avec ces nouvelles grandeurs tensorielles, les interactions seraient elles aussi invariantes de jauge.

5. La transformation de jauge (3) ou (8) ne se généralise pas au cas du spin 0 ou 1 même dans une formulation matricielle semblable à (1) ou (6), car alors $(\gamma_\lambda \partial_\lambda)^2 \neq \square$ et $(\vec{\sigma}.\vec{\partial})^2 \neq \partial^2$. Dans le cas du spin 1 ([2]), en fait, l'invariance de jauge concerne seulement la définition des composantes de la fonction d'ondes ψ ou φ, mais non pas l'équation d'ondes elle-même.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) W. Pauli, *Handbuch der Physik*, 24, 1933, p. 226-227, J. Springer, Berlin; T. D. Lee et C. N. Yang, *Phys. Rev.*, 105, 1957, p. 1671; A. Salam, *Nuovo Cimento*, 5, 1957, p. 299; L. D. Landau, *Nuclear Physics*, 3, 1957, p. 127.

(2) K. H. Tzou, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 141.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les sauts de pression exercée sur un écran par des ondes longitudinales dans un milieu élastique.* Note (*) de M. **Guy Baillard**, présentée par M. Albert Pérard.

La présente Note concerne une observation mathématique sur l'équation des cordes vibrantes qui, généralisée dans l'espace à trois dimensions, conduit à la remarque suivante : les ondes longitudinales d'un milieu élastique, exercent sur un écran immobile, une pression dont les sauts se conservent au cours du temps, sans amortissement.

L'intégration de l'équation des cordes vibrantes parue au *Mémorial de l'Artillerie Française* (1953, 1er fascicule, p. 77) nous a conduit aux résultats suivants, qui se généralisent à tous les milieux élastiques homogènes :

Soit un ressort, de masse μ, de raideur totale K, dont une extrémité ($x=0$) est fixe et dont l'autre ($x=L$) est liée à une masse M de vitesse initiale V_0. La tension initiale du ressort est appelée F_0.

La célérité des ondes de vibrations est

$$c = L\sqrt{\frac{K}{\mu}}.$$

La vitesse de la masse M à l'instant t est

$$z'_M(t) = (-1)^p \frac{F_0}{\sqrt{K\mu}} - L\sqrt{\frac{K}{\mu}} \sum_{j=0}^{p} \sum_{i=1}^{j} \frac{2^i}{i!} Y^i_j e^{Y_j} \varphi^{i-1}_{j-1}$$

et la compression $\partial z/\partial x$ de la spire immobile est

$$\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_{x=0} = (-1)^{p+1}\frac{F_0}{KL} - 2\sum_{j=1}^{p}\sum_{i=0}^{j-1}\frac{2^i}{i!} Z^i_j e^{Z_j}\varphi_{j-1},$$

avec

$$Y^i_j = \left[\frac{2j\mu - t\sqrt{K\mu}}{M}\right]^i, \qquad Z^i_j = \left[\frac{(2j-1)\mu - t\sqrt{K\mu}}{M}\right]^i$$

et

$$\varphi^i_j = \frac{V_0}{L}\sqrt{\frac{\mu}{K}}\, C^i_j + \frac{F_0}{KL}\, C^{*i}_j,$$

expression dans laquelle C^i_j et C^{*i}_j sont respectivement les nombres de combinaisons et les nombres issus d'un tableau qui se forme comme celui des com-

binaisons, c'est-à-dire par la règle du triangle de Pascal :

$$C_j^{*i} = C_{j-1}^{*i} + C_{j-1}^{*i-1},$$

mais avec, au départ,

$$C_j^{*0} \equiv (-1)^j.$$

Un premier résultat acquis est qu'au bout d'un grand nombre de réflexions d'onde sur la spire immobile, le mouvement de M tend à devenir sinusoïdal.

Un second résultat est que le taux de compression sur la spire immobile subit des sauts brusques et constants [de la quantité $(2V_0/c)$] à chaque passage d'onde.

En effet, aux instants $t = (2p - 1)\sqrt{\mu/K}$, le taux de compression $z'_x(x = 0)$ passe de la valeur

$$(-1)^p \frac{F_0}{KL} - 2\sum_{j=1}^{p-1}\sum_{i=0}^{j-1} \frac{2^i}{i!} Z_j^i e^{Z_j} \varphi_{j-1}^i,$$

avec

$$Z_j^i = -\left(\frac{2\mu}{M}\right)^i (j - p)^i,$$

à la valeur

$$(-1)^{p+1} \frac{F_0}{KL} - 2\sum_{i=1}^{p}\sum_{i=0}^{j-1} \frac{2^i}{i!} Z_j^i e^{Z_j} \varphi_{j-1}^i,$$

dont la différence est

$$2(-1)^{p+1} \frac{F_0}{KL} - 2\varphi_{p-1}^0$$

puisque pour $j = p$ et $i \neq 0$, tous les Z_p^i sont nuls. Cette différence vaut donc

$$2(-1)^{p+1} \frac{F_0}{KL} - 2\left(\frac{V_0}{L}\sqrt{\frac{\mu}{K}} C_{p-1}^0 + \frac{F_0}{KL} C_{p-1}^{*0}\right) = -\frac{2V_0}{c}.$$

Elle est indépendante du nombre p de réflexions, autrement dit du temps. Lorsque p tend vers l'infini, la propriété se conserve et est donc, à la limite, valable pour un mouvement sinusoïdal de la masse M (oscillateur-émetteur).

Ces sauts brusques et constants de la compression correspondent à une augmentation de la tension d'une quantité également constante :

$$2V_0\sqrt{K\mu}.$$

Ces résultats se généralisent à tous les milieux élastiques homogènes :

— d'abord pour les ondes planes;

Par exemple, pour un milieu solide, il suffit de remplacer dans les expressions précédentes K par ES/δ et μ par $LS\delta$, d'où $c = \sqrt{E/\delta}$, E étant le module d'élasticité; δ la densité; S la section.

Pour un milieu gazeux, il suffit de remplacer E par $-V(dP/dV)$, et si la détente est adiabatique par γP. Si, en outre, le gaz est parfait K sera remplacé par $\gamma r T\delta S/L$, d'où $c = \sqrt{\gamma r T}$.

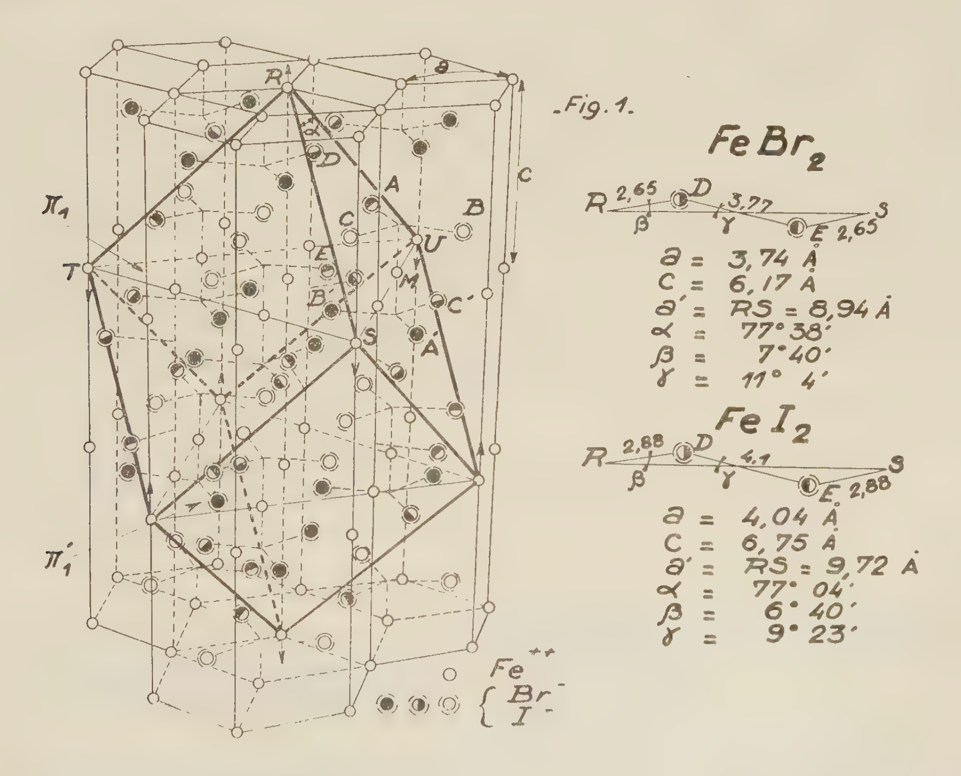
— puis pour les ondes sphériques : l'augmentation de la tension par sauts brusques de valeur $2 V_0 \sqrt{K\mu}$ se traduit par des sauts brusques de la pression sur un obstacle immobile, sauts de valeur constante $(2 V_0 \sqrt{K\mu})/S$.

Pour une amplitude constante de l'oscillateur M, la vitesse V_0 étant proportionnelle à la fréquence ν de l'oscillateur, centre d'émission des ondes, il en est de même des sauts de pression sur l'obstacle.

(*) Séance du 17 juillet 1957.

MAGNÉTISME. — *Susceptibilités magnétiques principales du bromure et de l'iodure ferreux*. Note (*) de MM. **Henri Bizette**, **Claude Terrier** et **Belling Tsaï**, transmise par M. Gaston Dupouy.

Les cristaux, qui appartiennent au système hexagonal [1], sont formés de couches superposées, normales à l'axe sénaire. Chaque couche comprend un plan d'ions ferreux (tel que π_1) disposé entre deux plans d'anions (*fig.* 1). Un ion Fe^{2+}, tel que M, est entouré de six anions disposés aux



sommets A, A', B, B', C, C' d'un octaèdre Ω. (De telles couches existent dans le chlorure ferreux, dont la structure, rhomboédrique, ne diffère de la précédente que par la façon dont les couches sont empilées.) Le réseau

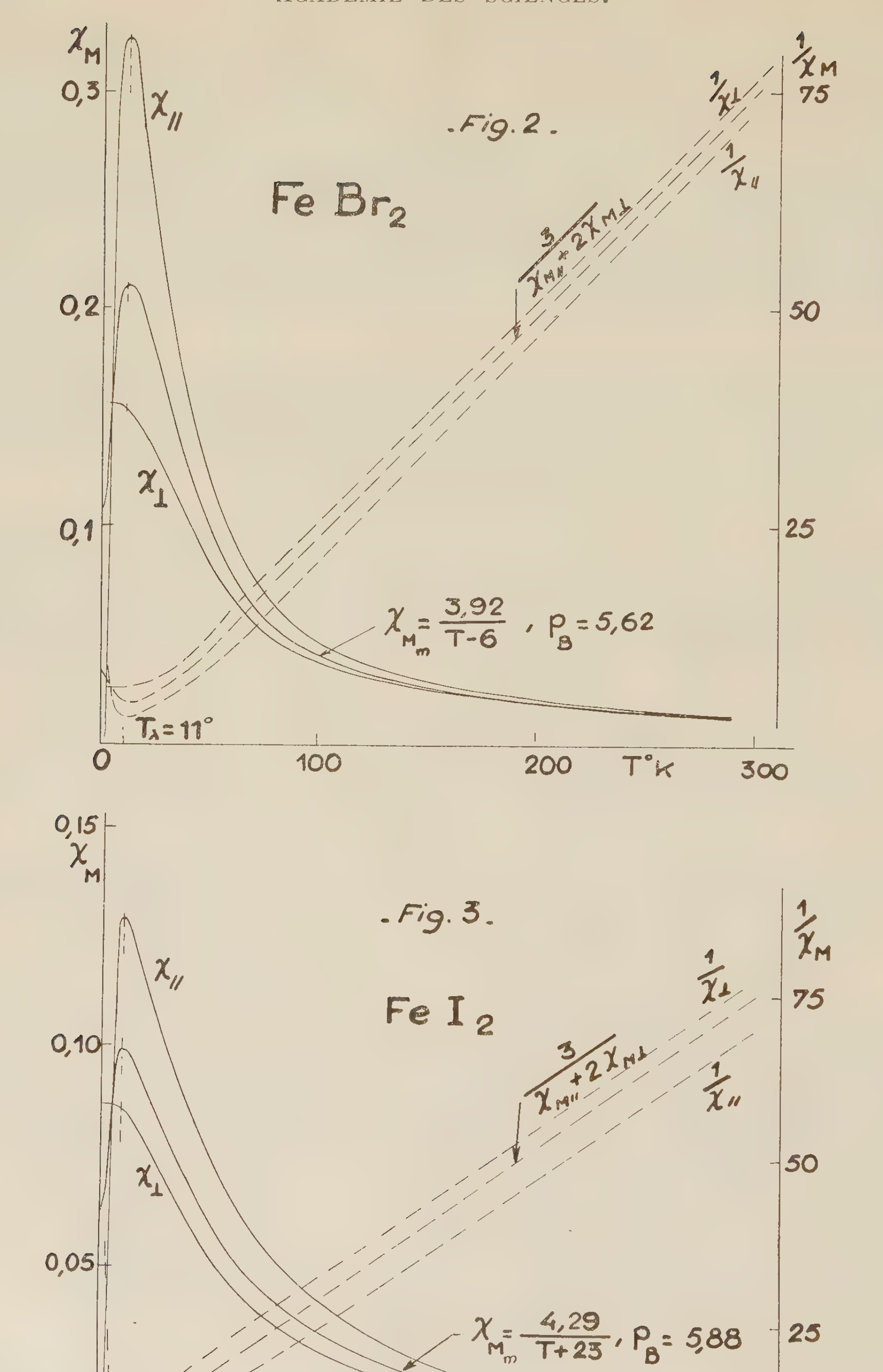


Fig. 2.
Fe Br2
χM
0,3
0,2
0,1
χ//
χ⊥
1/χM
75
50
25
1/χ⊥
1/χ//
3/(χM// + 2χM⊥)
χMm = 3,92/(T-6) , PB = 5,62
Tλ = 11°
0
100
200
T°K
300
Fig. 3.
Fe I2
0,15
χM
0,10
0,05
0
χ//
χ⊥
1/χM
75
50
25
1/χ⊥
1/χ//
3/(χM// + 2χM⊥)
χMm = 4,29/(T+23) , PB = 5,88
Tλ = 10°
100
200
T°K
300

peut être subdivisé en neuf réseaux rhomboédriques dont les arêtes font, avec les axes correspondants de Ω, un angle égal à 7° 40′ dans le cas du bromure et 6° 40′ dans le cas de l'iodure.

Les mesures magnétiques montrent que ces composés deviennent antiferromagnétiques au-dessous d'une température T_λ respectivement égale à 11 et 10° K, les moments des ions ferreux d'un sous-réseau se couplant antiparallèlement suivant l'axe principal. La susceptibilité $\chi_{\parallel}$, mesurée quand le champ est parallèle à l'axe, est indépendante du champ; nulle au zéro absolu, elle présente un maximum très aigü à la température T_λ (*fig.* 2 et 3). L'état ordonné antiferromagnétique subsiste donc quand on crée suivant l'axe un champ magnétique élevé, alors qu'il disparaît dans le cas du chlorure [2].

La susceptibilité $\chi_{\perp}$, mesurée quand le champ est normal à l'axe, est également indépendante du champ; elle possède une valeur quasi indépendante de T au-dessous de T_λ.

Dans chaque sous-réseau, un ion ferreux, tel que R, est entouré de six ions ferreux S, T, U, S′, T′, U′ (ces trois derniers non figurés), dont les moments tendent, au-dessous de T_λ, à s'aligner suivant l'axe du cristal, antiparallèlement à celui de l'ion R (*fig.* 1). Ce couplage indirect entre deux ions voisins, tels que R et S, se fait par l'intermédiaire de deux anions D et E. Une interaction positive entre les ions ferreux d'un même plan coordonne les sous-réseaux, de telle sorte que les plans successifs π_1, π'_1, ..., sont aimantés alternativement en sens opposé.

La structure antiferromagnétique est identique à celle que Kœhler et Wollan [3] ont indiquée pour $FeBr_2$, à partir de l'analyse du spectre de diffraction neutronique. La température $T_\lambda = 11°$ K du maximum de la susceptibilité du bromure diffère toutefois de la valeur trouvée par les auteurs américains pour la température de Néel (25° K).

(*) Séance du 17 juillet 1957.

(1) Ferrari et Giorgi, *Atti. Accad. Lincei*, **9**, 1929, p. 782; **10**, 1929, p. 1134.

(2) H. Bizette, C. Terrier et B. Tsaï, *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 895.

(3) *Bull. Am. Phys. Soc.*, (2), **1**, n° 4, 1956, p. 190.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Anisotropie diélectrique des papiers à* 3 400 MHz. *Influence de l'humidité.* Note (*) de MM. **Roger Servant** et **Jean Cazayus-Claverie**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Nous avons repris, dans la bande des 3 000 MHz, l'étude de l'anisotropie diélectrique des papiers déjà entreprise à notre laboratoire dans la bande des 10 000 MHz [1], [2].

Le procédé d'étude est toujours celui de « l'échantillon fendu », les blocs de

papier étant présentés avec leurs feuilles soit parallèles soit perpendiculaires au champ électrique du mode TE_{01} établi dans le mesureur d'ondes stationnaires.

Nous avons retrouvé pour la bande des 9 cm les phénomènes généraux déjà signalés pour la bande des 3 cm : forte biréfringence accompagnée de dichroïsme rectiligne, l'absorption provenant pour sa plus grande part de l'humidité naturelle des papiers (de l'ordre de 6 % en poids).

Nous avons cherché à approfondir les observations déjà relevées par nous ([2]) lors de la dessiccation des papiers. Le tableau ci-après donne une comparaison de divers échantillons (de 21,5 × 6,5 × 2,7 cm) à leur taux d'humidification normal (h) puis complètement desséchés (s)

		Masse (g).	Masse spécifique.	$\varepsilon'_{\parallel}$.	$\varepsilon'_{\perp}$.	$n_{\parallel}$.	$n_{\perp}$.	$\varkappa_{\parallel}$.	$\varkappa_{\perp}$.	$\varepsilon''_{\parallel}$.	$\varepsilon''_{\perp}$.
Vergé duplicateur	h...	247	0,65	2,29	1,70	1,51	1,30	0,082	0,015	0,25	0,039
	s...	230	0,61	1,85	1,49	1,36	1,22	0	0	0	0
Ronéo	h...	230	0,61	2,22	1,70	1,49	1,30	0,088	0,030	0,26	0,078
	s...	212	0,56	1,75	1,49	1,32	1,22	0	0	0	0
Pur fil duplicateur	h...	224	0,59	2,22	1,71	1,49	1,31	0,094	0,024	0,28	0,063
	s...	207	0,55	1,71	1,49	1,31	1,22	0	0	0	0
Buvard	h...	154	0,41	1,82	1,48	1,35	1,21	0,067	0,012	0,18	0,027
	s...	140	0,37	1,46	1,32	1,21	1,14	0	0	0	0
Buvard	h...	169	0,45	1,91	1,55	1,40	1,25	0,073	0,012	0,20	0,030
	s...	155	0,41	1,49	1,36	1,22	1,16	0	0	0	0

($\lambda = 8.8$ cm, $f = 3\,410$ MHz)

On peut y relever que, pour les divers papiers examinés, la polarisation spécifique $[(\varepsilon' - 1/d)]_s$ est toujours du même ordre de grandeur pour chaque azimut, soit 1,30 et 0,85 pour les directions parallèle et perpendiculaire au champ. Ceci semble indiquer que, malgré les variantes de charge et de collage, il existe un constituant principal, les fibres de cellulose, qui apporte sa spécifité et son anisotropie. (Le « feuilletage » des blocs, avec espacement des feuilles de l'ordre du dixième de leur épaisseur, ne produit qu'une anisotropie apparente — dont on pourrait tenir compte ([3]) — mais qui est faible devant l'effet principal.)

D'autre part, on y voit que l'eau adsorbée est responsable de l'absorption. Si l'on désigne par p % le taux d'humidité en volume, on peut remonter du ε'' de l'échantillon au ε''_0 de l'eau seule par

$$\varepsilon''_0 = \frac{100}{p}\varepsilon''.$$

On trouve alors pour tous les échantillons

$$(\varepsilon''_0)_{\parallel} \simeq 5,4, \qquad (\varepsilon''_0)_{\perp} \simeq 1,1.$$

L'ordre de grandeur est bien le même que pour l'eau adsorbée par les gels de silice ou l'alumine ([4]), mais ici il y a une différentiation suivant les azimuts.

D'autre part, si l'on admet qu'il y a, en première approximation, additivité des polarisations suivant

$$(\varepsilon' - 1)_{/\!/} = (\varepsilon' - 1)_{s} + \frac{p}{100}(\varepsilon'_0 - 1)$$

les résultats précédents permettent de remonter à la constante diélectrique de l'eau (ici dispersée dans le papier). On trouve en moyenne

$$(\varepsilon'_0)_{\parallel} = 11,3 \qquad (\varepsilon'_0)_{\perp} = 5,5.$$

Ces valeurs, très différentes de la valeur 80 spécifique de l'orientabilité des moments dipolaires, sont tout à fait à rapprocher de celles (10,3 5,6-6,5) trouvées pour l'eau liée du sulfate de lithium hydraté ([5]).

En résumé, non seulement l'étude des papiers permet d'envisager leur réfractométrie et même leurs « biréfractométrie » aux hyperfréquences, mais encore elle nous paraît susceptible d'apporter des renseignements nouveaux, d'ordre théorique, sur le mécanisme de fixation de l'eau par la cellulose. Qu'il s'agisse d'eau liée stœchiométriquement ou topochimiquement ([6]), nos mesures semblent apporter la preuve d'un « blocage anisotrope » des molécules d'eau.

(*) Séance du 1er juillet 1957.

([1]) R. SERVANT et J. GOUGEON, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 2318.

([2]) R. SERVANT et J. GOUGEON, *Comm. Soc. Fr. Physique*, 31 mai 1956; *J. de Phys.*, **18**, 1957, p. 11 S.

([3]) G. P. DE LOOR, *Thèse*, Leiden, 1956, p. 29.

([4]) R. FREYMANN, in *Études des molécules d'eau dans les solides, par les ondes électromagnétiques*, C. N. R. S., Paris, 1953, p C 30; J. LE BOT, *Thèse*, Paris, 1954, p. 82.

([5]) W. A. WOOSTER, in *Études des molécules d'eau dans les solides, par les ondes électromagnétiques*, C. N. R. S., Paris, 1953, p C 24.

([6]) G. CHAMPETIER, *Chimie macromoléculaire*, Paris, 1957.

OPTIQUE. — *Sur la réalisation de polariseurs pour l'ultraviolet.* Note (*) de Mlles **YOLANDE BOURIAU** et **JACQUELINE LENOBLE**, présentée par M. Armand de Gramont.

Après avoir étudié la transmission de diverses colles optiques dans l'ultraviolet, on décrit des polariseurs en spath collés à la gédamine. Jusqu'à 2 500 Å, leur transmission est supérieure à 50 % pour la vibration parallèle au plan de section principale et nulle pour la vibration perpendiculaire.

La polarisation par réflexion est en principe utilisable dans tout le spectre, mais elle présente de graves inconvénients (déviation de la direction de propagation incidente, perte de lumière importante); la polarisation par dichroïsme est actuellement limitée au seul domaine visible et, malgré

quelques essais intéressants (¹), on ne dispose pas encore de lames polaroïdes pour l'ultraviolet.

Le spath, sous des épaisseurs de quelques centimètres, présente une bonne transparence dans l'ultraviolet jusqu'à 2 500 Å et les polariseurs type Glan ou Foucault à couche d'air sont utilisables dans cette région du spectre; mais ils présentent l'inconvénient d'avoir un champ très petit; de plus les réflexions parasites sur les surfaces air-spath sont gênantes.

Pour réaliser un polariseur du type Nicol ou Glazebrook, il faut disposer d'une colle transparente à l'ultraviolet. Le baume de Canada, généralement employé pour les polariseurs destinés au visible, devient totalement absorbant dès le proche ultraviolet. La glycérine a souvent été utilisée

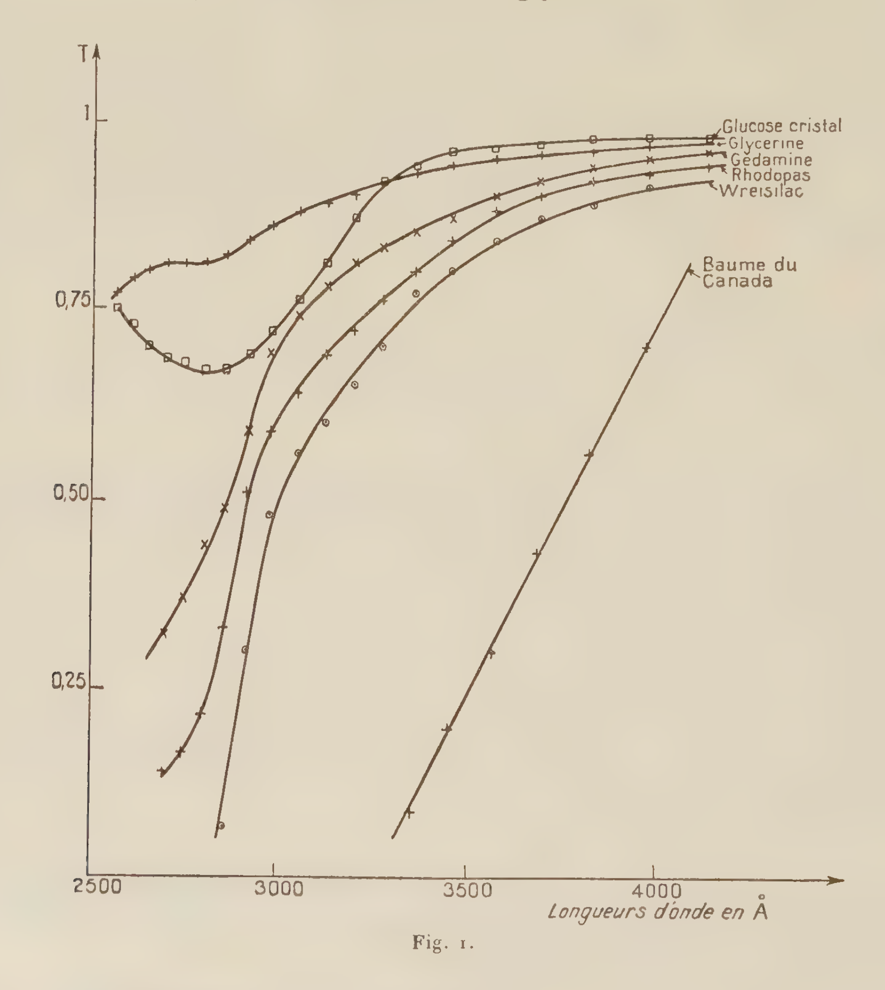


Fig. 1.

pour assembler les deux moitiés des polariseurs destinés à l'ultraviolet; mais, comme elle reste liquide, au bout de peu de temps elle coule, laissant entrer de l'air. Le glucose cristal bien transparent à l'ultraviolet peut également être utilisé, mais sa grande viscosité rend son emploi délicat;

il ne permet pas de réaliser de bons collages, car des bulles d'air restent emprisonnées entre les deux surfaces collées. Parmi les résines synthétiques actuellement utilisées comme colles optiques [2] il en existe assez peu qui soient transparentes dans l'ultraviolet. La figure 1 et le tableau donnent le facteur de transmission d'un certain nombre de colles sous une épaisseur de 1 mm. La gédamine, qui est une solution d'une résine urée-formol dans l'alcool butylique, semble être la plus transparente des colles étudiées, après la glycérine et le glucose cristal; en couche mince, comme celle qui est réalisée dans un collage, la gédamine transmet intégralement la radiation 2 537 Å; après 15 h d'exposition au rayonnement ultraviolet, la transmission ne semble pas modifiée. Les essais de collage à la gédamine paraissent très satisfaisants; le collage se fait très bien à froid, sans bulles d'air, et les pièces collées sont parfaitement adhérentes au bout de quelques jours.

Facteurs de transmission pour des épaisseurs de colle de 1 mm.

Longueurs d'onde (Å).	Baume du Canada.	Stratyl A 28.	Géon en solution dans le toluène à 50 %.	Urée formol (Wreisilac).	Rhodopas M 60 A.	Gédamine.	Glucose cristal.	Glycérine.
4 125...	–	–	0,82	–	0,94	0,96	0,98	–
3 970...	0,70	0,93	0,77	0,91	0,93	0,95	0,98	0,97
3 820...	0,56	0,90	0,71	0,89	0,92	0,94	0,98	0,96
3 685...	0,43	0,75	0,63	0,87	0,90	0,92	0,97	0,96
3 565...	0,30	0,64	0,55	0,84	0,88	0,90	0,97	0,95
3 450...	0,20	0,27	0,48	0,80	0,84	0,87	0,96	0,94
3 355...	0,09	0,02	0,42	0,77	0,80	0,85	0,94	0,93
3 270...	–	–	0,37	0,70	0,76	0,83	0,92	0,92
3 195...	–	–	0,32	0,65	0,72	0,81	0,87	0,90
3 120...	–	–	0,22	0,60	0,69	0,78	0,81	0,89
3 050...	–	–	0,12	0,56	0,64	0,74	0,76	0,88
2 980...	–	–	0,05	0,48	0,59	0,69	0,72	0,86
2 918...	–	–	–	0,30	0,51	0,59	0,69	0,84
2 860...	–	–	–	0,07	0,33	0,49	0,67	0,82
2 805...	–	–	–	–	0,22	0,44	0,67	0,81
2 750...	–	–	–	–	0,17	0,37	0,68	0,81
2 700...	–	–	–	–	0,14	0,32	0,68	0,81
2 650...	–	–	–	–	–	–	0,70	0,80
2 605...	–	–	–	–	–	–	0,73	0,79
2 560...	–	–	–	–	–	–	0,75	0,77

L'indice de réfraction de la gédamine collant deux prismes de verre a été mesuré pour plusieurs longueurs d'onde dans le visible ($n_D = 1,48$)

et extrapolé dans l'ultraviolet d'après la formule

$$n = 1,464 + \frac{0,0048}{\lambda^2},$$

où λ est la longueur d'onde en microns. L'angle de coupe α nécessaire pour avoir un champ symétrique vers 3 400 Å a été calculé pour divers types de polariseurs en spath collés à la gédamine; on trouve ainsi :

— pour un glazebrook : $\alpha = 15°$; champ $\simeq 45°$;
— pour un nicol : $\alpha = 30°$; champ $\simeq 20°$;
— pour un nicol à faces normales : $\alpha = 22°$; champ $\simeq 21°$.

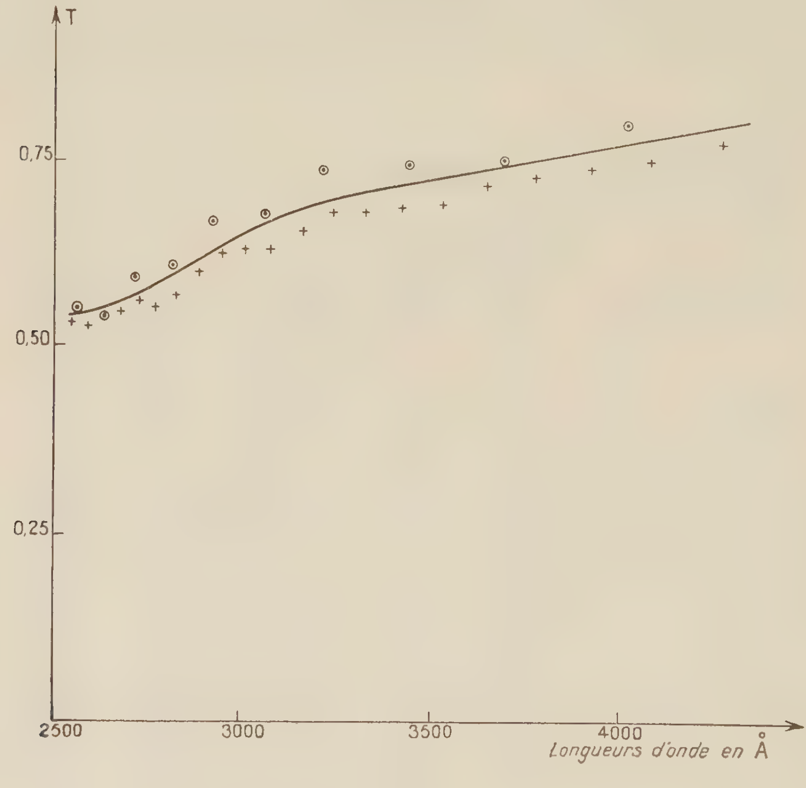


Fig. 2.

Des nicols en spath collés à la gédamine ont été réalisés et la figure 2 donne la courbe de transmission de l'un d'eux pour un rayonnement polarisé dont la direction de vibration est parallèle à la section principale du nicol; deux polariseurs croisés ont une extinction parfaite dans tout le spectre.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) R. Barer, *J. Sc. Inst.*, 26, 1949, p. 325.

(2) Y. Besse et J. Demarcq, *Revue d'Optique*, 35, 1956, p. 21.

SPECTROSCOPIE. — *Observation spectroscopique d'un changement de phase discontinu et d'un phénomène de trempe dans l'alun de chrome et de potassium.* Note (*) de Mme **Lucienne Couture**, transmise par M. Jean Cabannes.

L'étude des spectres d'absorption optiques a permis de mettre en évidence l'existence d'un changement de phase discontinu de l'alun de chrome et de potassium à la température de 60°K. Un refroidissement rapide trempe le cristal : le changement de phase n'a pas lieu et le cristal reste indéfiniment dans un état métastable.

Introduction. — Les expériences de B. Bleaney [1] ont montré que l'alun de chrome et de potassium subit un changement de phase. Dans les aluns, le niveau de base ^4S de l'ion Cr^{+++} est décomposé par le champ cristallin de symétrie ternaire; dans le spectre de résonance paramagnétique de l'alun de Cr K on trouve, à température ordinaire, une seule séparation du niveau de base (0,12 cm^{-1} à 290° K) et, à basse température, deux séparations différentes (0,15 et 0,27 cm^{-1} à 20° K); quand la température décroît à partir de 160° K les deux spectres coexistent et se substituent progressivement l'un à l'autre.

Les spectres d'absorption optiques des aluns de chrome présentent un groupe de raies fines, caractéristique de l'ion Cr^{+++}, dans la région rouge du spectre visible. F. H. Spedding et G. C. Nutting [2] avaient observé une transformation des spectres optiques de l'alun de Cr K se manifestant par la diminution progressive de l'intensité de certaines raies et l'accroissement de l'intensité d'autres raies en fonction de la température. Ils avaient émis l'hypothèse de l'existence d'un niveau électronique de l'ion Cr^{+++} distant d'environ 40 cm^{-1} du niveau de base, et rejeté celle d'un changement de phase.

Nous avons repris l'étude des spectres d'absorption optiques de monocristaux d'alun de Cr K avec une meilleure résolution optique et un meilleur contrôle des températures.

Observation d'un changement de phase discontinu à 60° K. — Les figures 1 *a*, *b*, *c* et *d* représentent des enregistrements microphotométriques des spectres obtenus à différentes températures : en plus d'une modification progressive des spectres en fonction de la température existe une variation discontinue à la température de 60° K; cette variation peut être observée visuellement.

Le nombre d'ondes σ, et la largeur l, d'une des raies, bien isolée, du spectre ($\sigma = 14\,858$ cm^{-1} à 20° K) varient en fonction de la température T selon les courbes des figures 2 et 3. Le nombre d'ondes présente une discontinuité; la largeur augmente de façon accélérée quand T croît jusqu'à 60° K, puis subit une discontinuité; elle reste ensuite constante sur un grand intervalle de température, puis croît de nouveau.

Certaines raies (par exemple la raie de nombre d'ondes $\sigma = 14\,858$ cm^{-1} à 20° K) ont une intensité qui décroît avec la température, tandis que

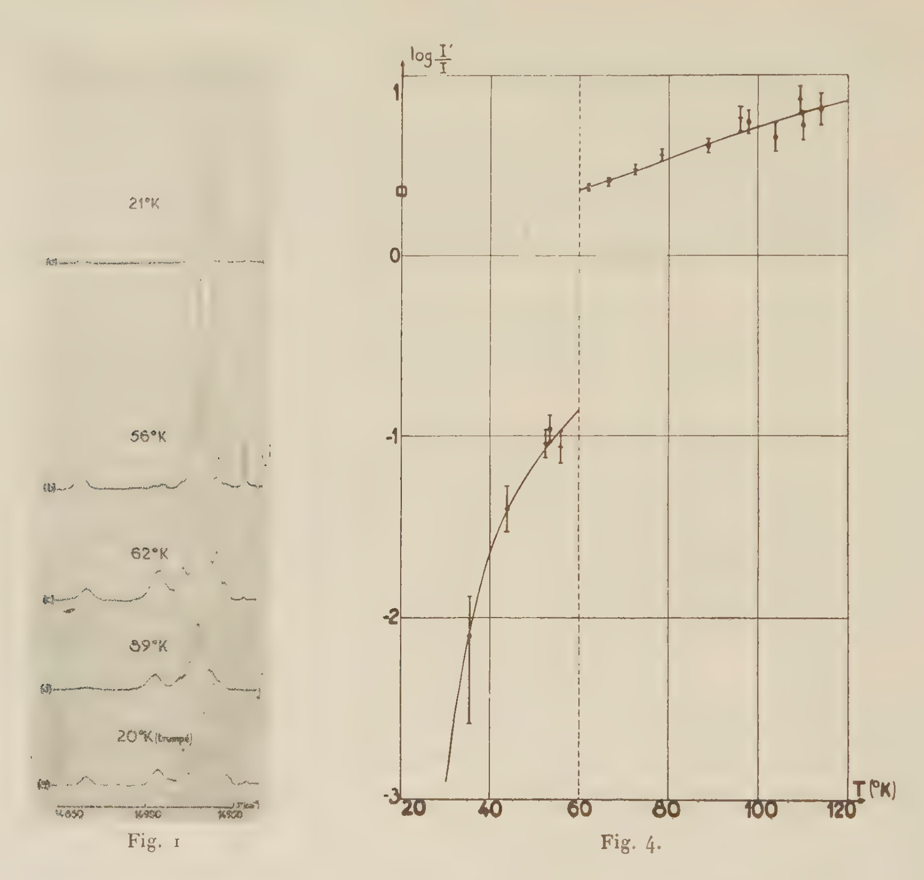


Fig. 1 Fig. 4.

d'autres (par exemple la raie de nombres d'ondes $\sigma = 14\,903$ cm^{-1} à 70° K) ont une intensité qui croît. La figure 4 donne le rapport d'intensité I'/I de ces deux raies en fonction de T.

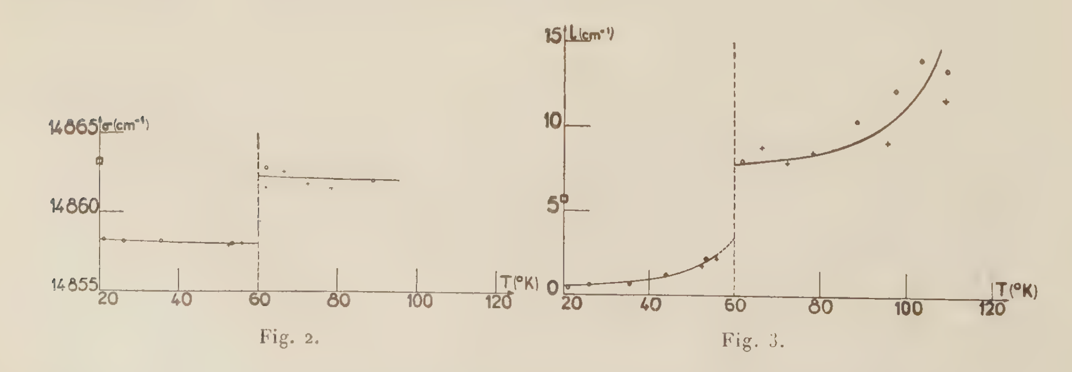


Fig. 2. Fig. 3.

L'alun de Cr K subit donc un changement de phase à 60° K; la discontinuité des grandeurs physiques considérées ci-dessus indique que ce

changement de phase est du premier ordre. On peut donc désigner par phase I la phase stable au-dessus de 60° K et par phase II la phase stable au-dessous de 60° K. Cependant le changement de phase « se prépare » dès la température de 40° K.

Observation d'un phénomène de trempe. — Par un refroidissement rapide du cristal (la température décroissant de 190 à 20° K en moins de quelques minutes) on peut tremper le cristal : le changement de phase ne se produit pas. La figure 1 *e* montre le spectre d'un cristal trempé à la température de 20° K; il est très semblable au spectre du cristal pour une température juste au-dessus du point de transition. Les points correspondant aux grandeurs σ, l et I'/I de la phase I trempée à 20° K sont représentés par des carrés sur les figures 2, 3 et 4. Le nombre d'ondes et le rapport des intensités des raies sont égales à leurs valeurs dans la phase I à la température du point de transition; seule la largeur des raies est un peu plus faible; ceci montre que le cristal est « gelé » dans l'état qu'il présentait juste au-dessus du point de transition.

Signalons enfin que l'on peut obtenir à 20° K, des cristaux présentant un spectre composé à la fois des raies caractéristiques de la phase non trempée (*fig.* 1 *a*) et de celles caractéristiques de la phase trempée (*fig.* 1 *e*), et ceci en toute proportion. Le spectre de la figure 1 *a* lui-même, correspondant à un refroidissement de l'échantillon de 77 à 20° K en 10 mn, présente, en très faible proportion, les raies relatives au cristal trempé. L'état physique du cristal à basse température dépend donc de son mode de refroidissement, principalement au voisinage de son point de transformation.

(*) Séance du 17 juillet 1957.

(1) *Proc. Roy. Soc.*, A, **204**, 1950, p. 203.

(2) *J. Chem. Phys.*, 3, 1935, p. 369.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Absorption et luminescence des cristaux de benzène et de deutérobenzène à* 20° K. Note (*) de MM. **Adnan Zmerli**, **Henri Poulet** et **Paul Pesteil**, transmise par M. Jean Cabannes.

La transition interdite $^1A_{1g} \to {}^1B_{2u}$ donne deux composantes dipolaires, séparées de 40 cm^{-1}, respectivement parallèles aux axes a et c du cristal. Intervention des fréquences de libration des molécules. Altération de la structure vibrationnelle du spectre d'absorption par effet Craig-Hobbins. En l'absence d'oxygène, on obtient le spectre de luminescence de l'exciton; l'oxygène adsorbé inhibe ce spectre.

Contrairement aux autres molécules aromatiques la molécule libre de benzène a été bien étudiée tant en absorption infrarouge et ultraviolette qu'en effet Raman et en luminescence. On peut donc espérer profiter de la

connaissance des vibrations et de la symétrie de la transition électronique attribuée unanimement à un niveau excité $^1B_{2u}$ pour interpréter les spectres d'absorption et de luminescence du cristal.

Nous avons étudié de même des cristaux d'hexadeutérobenzène afin de vérifier les conclusions obtenues avec le benzène; quant à la molécule libre C_6D_6, elle avait déjà donné lieu à une étude approfondie et concluante des symétries des vibrations et du niveau électronique [1].

En 1951, Prikhotjko et ses collaborateurs [2] ont montré que la transition électronique pure, $O'' \rightarrow O'$, interdite dans le cas de la molécule libre, apparaît dans le cristal à cause des actions intermoléculaires; leurs mesures, faites à 77° K, montraient que le niveau se sépare en deux composantes, respectivement parallèles à deux axes du cristal. Davydov [3] a fait la même année la théorie de ce résultat expérimental et en a déduit que le niveau électronique $^1B_{2u}$ doit donner deux niveaux correspondant à deux transitions dipolaires respectivement parallèles aux axes *a* et *c* du cristal de symétrie D_{2h}. Cependant, Prikhotjko n'était pas certaine de l'orientation de son échantillon et il semble que ses conclusions aient été dictées par la théorie de Davydov. D'autre part, des mesures plus récentes sur la structure du cristal montrent que la molécule perd sa symétrie D_{6h} dans le réseau et ne conserve qu'un centre de symétrie [4]. Fox et Schnepp, reprenant les calculs de Davydov en tenant compte de ce nouveau résultat, ont montré qu'on doit trouver trois composantes *a*, *b*, *c* [5].

Afin de bénéficier de la meilleure résolution, obtenue à très basse température, nous avons fait nos mesures à 20° K et nous nous sommes attachés à orienter convenablement les échantillons.

L'utilisation d'un compensateur en quartz nous a permis d'établir que le cristal, orthorhombique, a une biréfringence positive et qu'il cristallise bien en lames minces perpendiculairement à l'axe *b*.

Absorption. — Le premier spectre d'absorption de C_6H_6 à 20° K a été obtenu par Kronenberger dès 1930 en lumière non polarisée [6]. Nous avons retrouvé les raies publiées par cet auteur; nous avons obtenu des spectres d'absorption en lumière polarisée de C_6H_6 et de C_6D_6; leurs transitions à l'état de vapeur sont distantes de 200 cm^{-1}, on doit s'attendre à obtenir le même intervalle pour les cristaux; c'est bien ce qu'on observe : les deux premières raies vers le visible sont situées à 37 798 (C_6H_6) et à 38 000 cm^{-1} (C_6H_6). L'analyse du groupe de raies constituant la transition électronique pure montre que, pour les deux cristaux, la première raie est polarisée parallèlement à *a*. Cette raie est suivie, à 40 cm^{-1}, par une deuxième polarisée parallèlement à *c* (37 842 pour C_6H_6 et 38 040 pour C_6D_6).

Les deux raies correspondant à la transition $O'' \rightarrow O'$ de l'exciton sont accompagnées de sept raies d'intensité plus faible qui pourraient corres-

pondre à une structure vibrationnelle due aux pivotements des molécules de benzène autour de leurs axes d'inertie. Si l'on utilise les résultats obtenus par Mizushima concernant la variation de ces fréquences avec la température, l'accord obtenu paraît suffisant pour justifier l'explication proposée.

Vers les fréquences plus élevées, le spectre d'absorption ne présente pas rigoureusement la régularité attendue pour les progressions observées : $O' + e_g^+ + pa_{1g}$ $(p = 0, 1, 2, \ldots)$ et $O' + qa_{1g}$ $(q = 1, 2, \ldots)$ dues aux vibrations internes des molécules. Cela n'est pas surprenant, car si les intervalles de progression dans la vapeur ou les solutions sont constants, les calculs détaillés de Craig et Hobbins [7] sur le cristal d'anthracène montrent que les actions intermoléculaires responsables de l'effet Davydov peuvent altérer ces intervalles d'une façon non négligeable.

LUMINESCENCE. — Nous avons déjà, dès 1955, publié un spectre de luminescence du cristal de C_6H_6 [8]; l'impossibilité de le raccorder simplement au spectre d'absorption par une fréquence de vibration interne de la molécule nous avait fait envisager successivement deux hypothèses différentes; c'est en grande partie pour les vérifier que nous avons d'ailleurs entrepris l'étude de C_6D_6.

Nous obtenons maintenant plusieurs spectres de luminescence différents pour chaque cristal, selon les conditions expérimentales.

a. Cas des monocristaux (*spectre d'exciton*). — Les spectres sont très faciles à expliquer; les raies se déduisent des deux transitions $O' \rightarrow O''$ (37 798 et 37 842 pour C_6H_6; 38 000 et 38 040 pour C_6D_6) en leur enlevant des combinaisons des fréquences de vibrations internes de symétries e_g^+ et a_{1g} de l'état fondamental (608 et 992 pour C_6H_6; 577 et 943 pour C_6D_6). Le fait que nous n'ayions pas trouvé de transition parallèle à b vient probablement de ce que cette transition est très faible, la structure de la maille élémentaire étant telle que les 4 mol de la maille sont 2 à 2 d'orientation sensiblement parallèle.

b. Cas de polycristaux obtenus par refroidissement rapide. — Pour C_6H_6, nous avons obtenu à nouveau le spectre de 1955. Le spectre de C_6D_6 est superposable en grande partie à celui de C_6H_6 si on lui fait subir une translation de 200 cm^{-1} vers les basses fréquences. Les deux spectres commencent à 700 cm^{-1} environ de la première raie d'absorption : à 37 112 (C_6H_6) et à 37 304 (C_6D_6). Leur structure est extrêmement compliquée.

c. Cas des polycristaux dans le vide. — Si l'on dégage le benzène et si on le maintient sous vide lors de l'exposition à la lumière excitatrice, on obtient le même spectre de luminescence que dans le cas des monocristaux; nous pensons que le spectre du cas b était dû à la présence d'air

adsorbé. Nous avons déjà obtenu des résultats analogues dans le cas du naphtalène [9].

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) Les 2 g de C_6D_6 dont nous disposions ont été préparés par M. L. Pichat.

(2) *J. Phys. Exp. et Théor. U. R. S. S.*, **21**, 1951, p. 665.

(3) *Ibid.*, **21**, 1951, p. 673.

(4) E. G. Cox et J. A. Smith, *Nature*, **75**, 1954, p. 173.

(5) *J. Chem. Phys.*, **23**, 1955, p. 767.

(6) *Z. Phys.*, **63**, 1930, p. 494.

(7) *J. Chem. Soc.*, 1955, p. 539, 2309, 2319.

(8) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1987; **241**, 1955, p. 29; *Ann. Phys.*, **10**, 1955, p. 1079.

(9) *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 1506.

IONOSPHÈRE. — *Sur la diffusion des ondes électriques de très grande fréquence dans l'ionosphère.* Note (*) de M. **Théodore V. Ionescu**, présentée par M. Eugène Darmois.

On montre que la diffusion des ondes électriques de très grande fréquence peut être expliquée au moyen des ions négatifs moléculaires d'oxygène, qui possèdent des périodes propres de vibration et sont engendrés en grand nombre à des hauteurs de 50 à 90 km.

1. D. K. Bailey, R. Bateman et R. C. Kirby ont étudié, récemment [1], la diffusion des ondes électriques dans la région inférieure de l'ionosphère et ont présenté les résultats obtenus avec les fréquences suivantes : 24,325 MHz ($\lambda = 12,33$ m); 27,775 MHz ($\lambda = 10,80$ m); 49,80 MHz (6,02 m) et 107,80 MHz ($\lambda = 2,78$ m).

En mesurant les intensités des ondes diffusées à des distances supérieures à 1 000 km en interprétant les résultats obtenus, ils en tirent la conclusion qu'aucune des théories actuelles ne saurait expliquer ces résultats d'une manière satisfaisante. Selon ces théories, la diffusion des ondes serait due à la structure de l'ionosphère qui serait ou granulaire, ou bien tourbillonnaire.

Dans la présente Note, je me propose de montrer, en me basant sur des observations et des mesures effectuées au laboratoire, que la diffusion des ondes électriques dans l'ionosphère, peut être expliquée d'une manière tout à fait différente, qui permet en même temps de calculer la valeur de la puissance diffusée. Dès 1930, C. Mihul et moi-même avons montré [2] que, dans l'air ionisé, sous des pressions inférieures à 10^{-3} mm Hg et soumis à l'action d'un champ électrique de très haute fréquence, on peut mettre en évidence une fréquence propre, correspondant à $\lambda = 9$ m et indépendante du courant qui produit l'ionisation. Plus tard, V. Majeru a trouvé toute une série de fréquences propres comprises entre $\lambda = 2$ m et $\lambda = 4$ m, d'abord dans l'air et ensuite dans

l'hydrogène. V. P. Mihul et moi-même avons trouvé dans l'hydrogène plus de quarante fréquences propres entre $\lambda = 2$ m et $\lambda = 20$ m. J'ai attribué les fréquences trouvées dans l'air aux ions négatifs moléculaires d'oxygène (O_2^-) et celles trouvées dans l'hydrogène aux ions négatifs moléculaires d'hydrogène (H_2^-).

Elles sont engendrées quand le moment magnétique de la molécule d'oxygène subit une variation de direction dans le champ magnétique produit par l'électron attaché à la molécule ([3]). Les longueurs d'onde correspondant à ces fréquences sont données par les formules

$$(\alpha)\quad \left\{\begin{aligned} \lambda' &= \frac{ch}{2,58 \times 2\mu_B^2\left[\sqrt{\dfrac{K+2}{K+1}} - \sqrt{\dfrac{1}{K(K+1)}}\right]}\left[\frac{h}{4\pi^2 m BK(K+1)}\right]^{\frac{1}{2}},\\ \lambda'' &= \frac{ch}{2,58 \times 2\mu_B^2\left[\sqrt{\dfrac{1}{K(K+1)}} + \sqrt{\dfrac{K-1}{K}}\right]}\left[\frac{h}{4\pi^2 m BK(K+1)}\right]^{\frac{1}{2}},\end{aligned}\right.$$

où μ_B représente le magnéton de Bohr, les autres symboles représentant des constantes habituelles de la spectroscopie moléculaire.

λ' correspond aux transitions $K+1 \rightarrow K$ et λ'' aux transitions $K \rightarrow K-1$. Les longueurs d'ondes calculées (en mètres) parmi lesquelles on retrouve aussi les longueurs indiquées par Bailey, Bateman et Kirby, sont :

K	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.
λ'	13,3	**10,9**	9,02	7,55	6,37	5,43	4,67	4,04	3,52	3,09	**2,72**
λ''	**12,47**	10,22	8,47	7,13	**6,04**	5,16	4,45	3,88	3,37	2,96	2,61

L'étude de la constante diélectrique et de la conductivité de l'oxygène ($\lambda = 9$ m) et de l'hydrogène ($\lambda = 9$ m), ionisés, montre que bien que les fréquences propres peuvent être calculées par les formules ci-dessus, les courbes qui les représentent en fonction de la longueur d'onde gardent l'allure indiquée par la théorie classique. C'est pourquoi, j'admettrai, dans ce qui suit, que la diffusion aussi peut être calculée par la méthode classique.

La puissance diffusée par 1 ml de l'ionosphère traversant 1 cm² normalement à la direction de propagation à r cm de distance, sera donnée par

$$I_K = \frac{cE_d^2}{4\pi} = \frac{\sin^2\theta\,\omega^4 e^4 E_i^2 N_K^2}{4\pi c^3 r^2 m^2[(\omega_0 - \omega)^2 + \rho^2\omega^2]},$$

où E_i est le champ de l'onde incidente, E_d le champ diffusé à la distance r (quand le rayon vecteur fait avec E_i l'angle θ), $\omega_0/2\pi$ la fréquence des ions négatifs correspondant à un K déterminé, N_K le nombre des ions négatifs dans 1 ml pour le même K, et ρ un coefficient de frottement rapporté à la masse de l'électron.

Dans l'étude mentionnée ([2]), on a trouvé expérimentalement $\rho \approx \omega_0$ aussi bien pour O_2^- ($\lambda = 9$ m) que pour H_2 ($\lambda = 9,5$ m). Dans ces conditions, et pour les fréquences indiquées par B, B et K, I_K se réduit à $I_K = (\sin^2\theta\, e^4 E_i^2 N_K^2)/(4\pi c^3 m^2)$, puisque $\omega = \omega_0$.

Le rapport des intensités I_K et I_{K_1}, correspondant aux fréquences propres ν_K et ν_{K_1} des ions négatifs aux nombres quantiques de rotation K et K_1, sera

$$(\beta) \qquad \frac{I_K}{I_{K_1}} = \left(\frac{N_K}{N_{K_1}}\right)^2.$$

Dans le cas envisagé, N_K sera calculé par la formule

$$N_K = (2M + 1)\frac{N hc B}{kT} e^{-\frac{3}{2}BK(K+1)\frac{hc}{kT}},$$

où N est le nombre total des ions négatifs dans 1 ml, $(3/2)hc\,BK(K+1)$ l'énergie totale de l'ion négatif dont le moment cinétique total est M.

Bien qu'un ion négatif puisse occuper $2M + 1$ positions dans le champ magnétique terrestre, les enregistrements ionosphériques montrent que ces ions sont généralement groupés de manière à ce que M soit ou normal, ou bien parallèle, au champ terrestre. Nous admettrons donc que, dans ce cas aussi, N_K est proportionnel à $2M + 1$.

En calculant, pour les fréquences indiquées dans le mémoire de B, B et K, le rapport des intensités diffusées, au moyen des formules (β), pour $T = 200°K$, on trouve les valeurs suivantes en décibels :

$$\frac{I_{27,7\,\mathrm{MHz}}}{I_{49,84\,\mathrm{MHz}}} = 11,8, \qquad \frac{I_{49,80\,\mathrm{MHz}}}{I_{107,8\,\mathrm{MHz}}} = 32,2, \qquad \frac{I_{27,7\,\mathrm{MHz}}}{I_{107,8\,\mathrm{MHz}}} = 43,6,$$

tandis que B, B et K donnent les valeurs de 16, 30 et 47 dB (*fig.* 19, à la page 1190 du Mémoire mentionné) ([1]); ces valeurs sont les résultantes des champs électriques et de leurs phases diffusées dans toute la région traversée par le faisceau incident.

Je pense qu'il y aurait intérêt à étendre l'étude de la diffusion des ondes électriques à toutes les fréquences résultant des formules (α) entre 20 et 150 MHz.

(*) Séance du 17 juillet 1957.

(1) *Proc. Inst. Rad. Engrs.*, 43, 1955, p. 1181.

(2) *J. Phys. Rad.*, 6, 1935, p. 35.

(3) Th. V. Ionescu, *Revue de Physique* (Académie de la République Populaire Roumaine, 1, 1956, p. 19).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Excitation coulombienne de l'osmium.* Note (*) de MM. **Roland Barloutaud**, **Pierre Lehmann** et **Antoine Lévêque**, présentée par M. Francis Perrin.

L'excitation coulombienne de l'osmium a permis de mettre en évidence :
1° le premier niveau de ^{188}Os à 155 keV;
2° les deux premiers niveaux 2^+ de ^{190}Os à 190 et 570 keV;
3° les deux premiers niveaux 2^+ de ^{192}Os à 206 et 496 keV.
Les probabilités réduites de transition ont été mesurées.

N. P. Heydenburg et G. M. Temmer (1) ont mis en évidence, par excitation coulombienne de l'osmium avec des α de 3 MeV, des γ de 158, 180, 188 et 202 keV; les schémas des niveaux des isotopes de l'osmium d'abondance isotopique non négligeable, connus par radioactivité, sont indiqués sur la figure 1*a*.

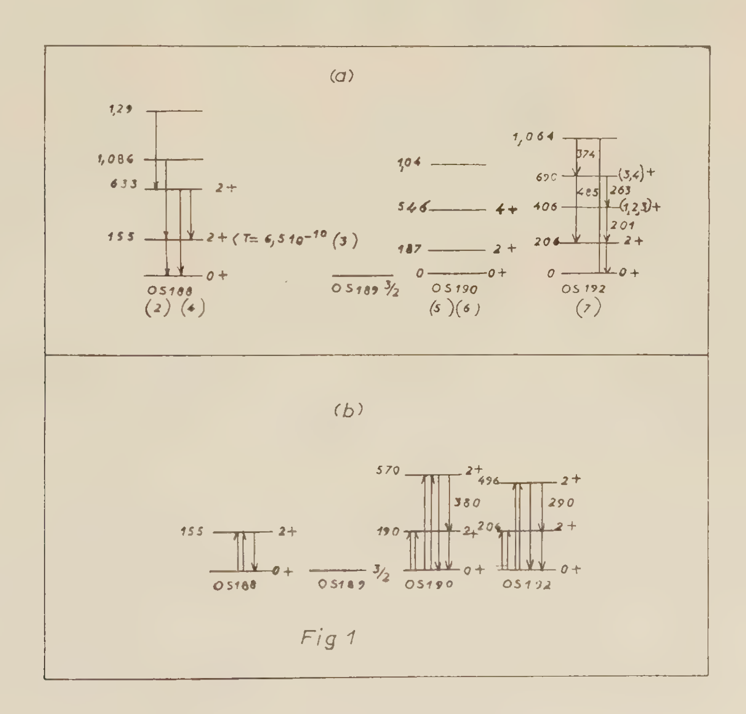


Fig 1

Nous avons repris cette étude en bombardant avec des protons de 4 MeV des cibles épaisses de poudre d'osmium comprimée et en détectant les rayonnements par des scintillateurs associés à des circuits de coïncidence ($\tau = 10^{-8}$ s), Un second circuit avec un retard de 10^{-7} s nous permettait de mesurer simultanément les coïncidences fortuites.

La figure 2 montre le spectre des rayonnements γ émis. En dehors du rayonnement X, les pics à 155, 190, 206 keV correspondent respectivement

aux premiers niveaux de ^{188}Os, ^{190}Os et ^{192}Os. On observe aussi sur ce spectre des γ de 290, 380, 500 ([12]) et 580 keV, d'intensité beaucoup plus faible. Nous avons par ailleurs mesuré le spectre en coïncidence avec des rayonnements γ détectés dans une bande d'environ 15 keV de largeur variant entre 80 et 300 keV. Ceci nous a permis de constater l'existence de coïncidences 206, 290, 190 et 380 keV. Les amplitudes des pics du spectre en coïncidence à 290 et 380 keV présentent en effet des maxima lorsque la bande est centrée respectivement sur 206 et 190 keV. Nous n'avons pu encore mettre en évidence de γ en coïncidence avec le γ de 155 keV. De plus, aucun pic important n'a pu être attribué à ^{189}Os.

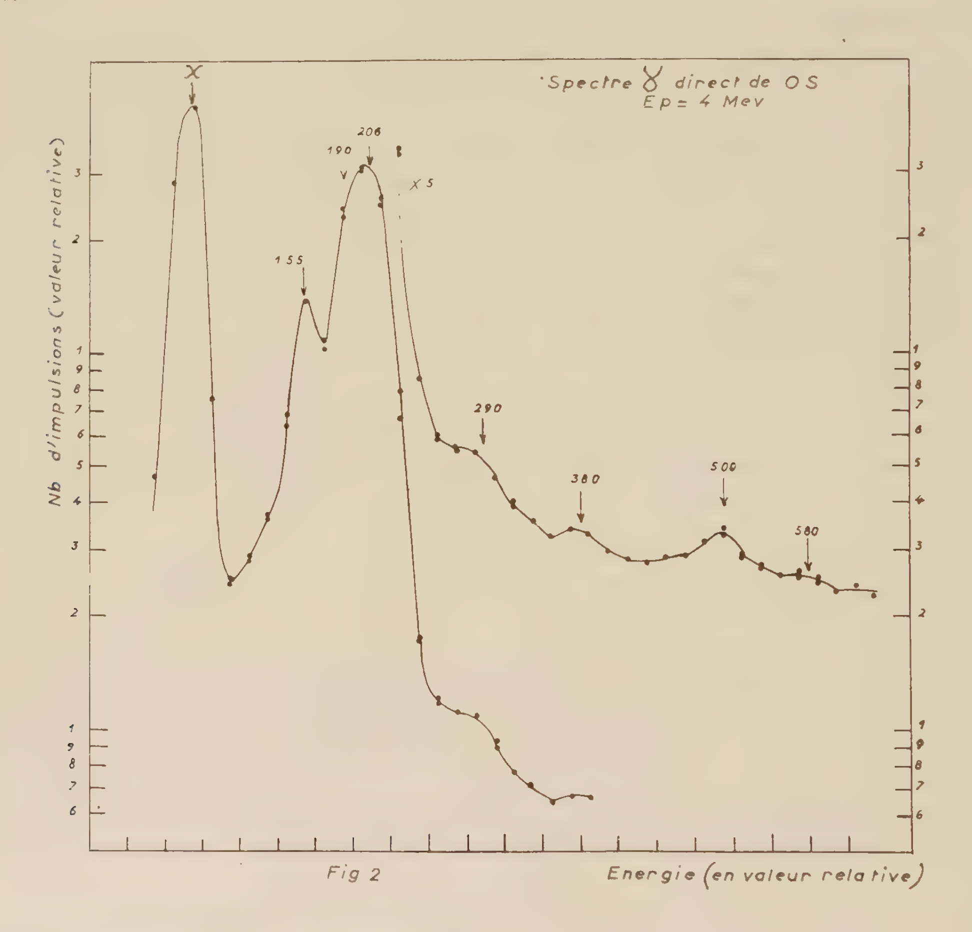


Fig 2

Afin de mesurer l'intensité de chaque rayonnement γ émis, le spectre direct, soustrait du bruit de fond, entre 150 et 220 keV, a été décomposé en trois pics de 206, 190 et 155 keV à l'aide des spectres de γ connus (^{114}In, ^{181}Ta). L'intensité des γ de 290 et 380 keV a été mesurée à la fois en spectre direct et en coïncidence; les deux mesures concordent à 30 % près.

Les rayonnements γ de 290 et 500 keV d'une part, et de 380 et 580 keV d'autre part, peuvent s'interpréter comme correspondant aux transitions au

premier niveau et au fondamental des seconds niveaux 2^+ à 496 et 570 keV dans ^{192}Os et ^{190}Os; ces niveaux ont été portés sur la figure 1 *b*.

Les résultats obtenus dans le cas de ^{192}Os ne sont explicables par le schéma de la figure 1 *a* que si l'ordre des transitions de 283 et 201 keV est inversé, hypothèse non exclue dans la référence ([7]). Dans ces conditions, le deuxième niveau serait à 489 keV, ce qui est compatible avec nos valeurs d'énergie : néanmoins, la non-observation du γ de 489 keV par ces auteurs ([7]) s'accorde difficilement avec nos résultats. Pour ^{190}Os le second niveau à 570 keV ne peut s'identifier à celui de la figure 1 *a* à cause de l'énergie et du spin.

Le tableau donne les intensités et les probabilités des diverses transitions mises en évidence (nous avons supposé que les transitions de 290 et 380 keV étaient purement E_2).

Noyau.....	^{188}Os.	^{190}Os.			^{192}Os.		
Énergie de la transition.	155	190	380	570	206	290	500
Nombre de γ émis par μc à 4 keV (cible épaisse).	$5,4.10^5$	$8,7.10^5$	$6,5.10^3$	$\sim 4.10^3$	$11,8.10^5$	$11,4.10^3$	$14,2.10^3$
$\varepsilon\left(\frac{BE_2}{e^2}\right)_{exp}$ en 10^{-48} cm^4.	1,91	1,74	0,07	0,043	1,60	0,05	0,07
α_{tot}	0,82	0,40	0,03	$\sim$0	0,30	0,10	$\sim$0
$\left(\frac{BE_2}{e^2}\right)_{des}$ au fond......	0,695	0,49	–	0,023	0,42	–	0,025
t_{tot} pour les premiers niveaux	5.10^{-10}	$3,3.10^{-10}$	–	–	$2,8.10^{-10}$	–	–
$\left(\frac{BE_2}{e^2}\right)_{des\,2'+\to 2+}$	–	–	0,28	–	–	0,27	–
$\frac{BE_{2\,des\,2'+\to 2+}}{BE_{2\,des\,2+\to 0}}$	–	–	0,57	–	–	0,64	–

La période que nous déduisons pour le premier niveau de ^{188}Os est en bon accord avec la référence ([3]), les erreurs sur les probabilités de transition étant évaluées à 30 %.

Dans la systématique des noyaux pair-pair, ceux de l'osmium occupent une place intermédiaire entre les noyaux très déformés présentant des spectres de rotation ($E_1 \lesssim 150$ keV) et les noyaux peu déformés ($E_1 \gtrsim 150$ keV) dont les premiers niveaux peuvent être interprétés en terme de vibrations.

Il semble ainsi que ^{188}Os présente encore un spectre de rotation qui pourrait être assez perturbé par la présence du niveau 2^+ à 633 keV interprétable comme le premier niveau de vibration. ^{190}Os comporterait un niveau 4^+ de 546 keV qui pourrait être un second niveau de rotation abaissé par la perturbation due au niveau de vibration 2^+ de 570 keV; une autre interprétation consisterait à considérer ces deux niveaux comme faisant partie du triplet 0, 2, 4, du modèle quasi harmonique de L. Wilets et M. Jean ([8]) (quoique le rapport des énergies soit égal à 3). Ce dernier modèle s'accorde mieux avec le cas de ^{192}Os où le rapport des énergies est 2,4 et la transition au fonda-

mental du second niveau 2^+ est très faible. Néanmoins, il semble que le rapport $BE_{2.2'+ \rightarrow 2+}/BE_{2.2+ \rightarrow 0}$ quoique de l'ordre de l'unité, soit sensiblement inférieur à la valeur théorique égale à 2. Cet ensemble de propriétés se retrouve dans ^{194}Pt (9), (10) et dans ^{114}Cd (11).

(*) Séance du 17 juillet 1957.

(1) *Phys. Rev.*, **93**, 1954, p. 906.

(2) V. R. Potnis, *Phys. Rev.*, **104**, 1956, p. 722; **102**, 1956, p. 459.

(3) A. W. Sunyar, *Phys. Rev.*, **98**, 1955, p. 653.

(4) M. W. Johns et C. C. Mc Mullen, *Canad. J. Phys.*, **34**, 1956, p. 69.

(5) G. Scharff-Goldhaber, *B. A. P. S.*, **2**, n° 1, 1957, p. 25.

(6) A. H. W. Aten jr, G. D. de Feyfer, N. J. Sterk et A. H. Wapstra, *Physica*, **21**, 1955, p. 740.

(7) L. L. Baggerly et P. Marmier et al., *Phys. Rev.*, **100**, 1955, p. 1364.

(8) *Phys. Rev.*, **102**, 1956, p. 788.

(9) R. Barloutaud et al., *Comptes rendus*, **244**, 1957, p. 187; **245**, 1957, p. 422.

(10) F. W. Mc Gowan et P. H. Stelson, *Phys. Rev.*, **106**, 1957, p. 522.

(11) P. H. Stelson et F. W. Mc Gowan, *B. A. P. S.*, **2**, n° 5, 1957, p. 267.

(12) Nous avons vérifié que le γ de 500 keV ne pouvait être attribué à des photons d'annihilation.

PHYSIQUE DES SOLIDES. — *Imperfections de structure du fluorure de lithium irradié aux neutrons : rassemblements d'atomes interstitiels.* Note (*) de Mme **Marianne Lambert** et M. **André Guinier**, présentée par M. Francis Perrin.

La diffusion des rayons X localisée le long des axes < 100 > permet de conclure à l'existence d'un désordre planaire que l'on étudie en fonction de l'irradiation et de la guérison par traitement thermique.

Comme nous l'avions antérieurement signalé (1), la diffusion aux très faibles angles analysée dans une Note précédente (2) n'est pas le seul effet de diffusion anormale des rayons X par le fluorure de lithium irradié aux neutrons : on observe des traînées de diffusion sur les rangées ⟨100⟩ du réseau réciproque. Nous avons fait l'étude quantitative de la diffusion localisée sur l'axe [100], avec un goniomètre à compteur Geiger-Müller, sur trois cristaux, ayant reçu respectivement les doses de 3.10^{17}, 2.10^{18} et 5.10^{18} neutrons/cm². Les traînées apparaissent dès la dose de 3.10^{17} neutrons/cm² et leur intensité croît avec le flux intégré.

La figure 1 montre la variation de l'intensité diffusée le long de l'axe [100] dans l'espace réciproque. Elle décroît à partir du centre mais les mesures ne sont pas possibles très près de l'origine, car à la traînée se superpose la tache de diffusion centrale bien plus intense. Au voisinage de $s = 1/a$ ($a = 4{,}02$ Å étant le paramètre de LiF), l'intensité est très faible, à la

limite de ce qu'on peut mesurer, elle croît ensuite quand on se rapproche du nœud 200. Elle est nulle au-delà de ce nœud. Le fait le plus remarquable est la bosse de la courbe aux environs de 1,4 1/a.

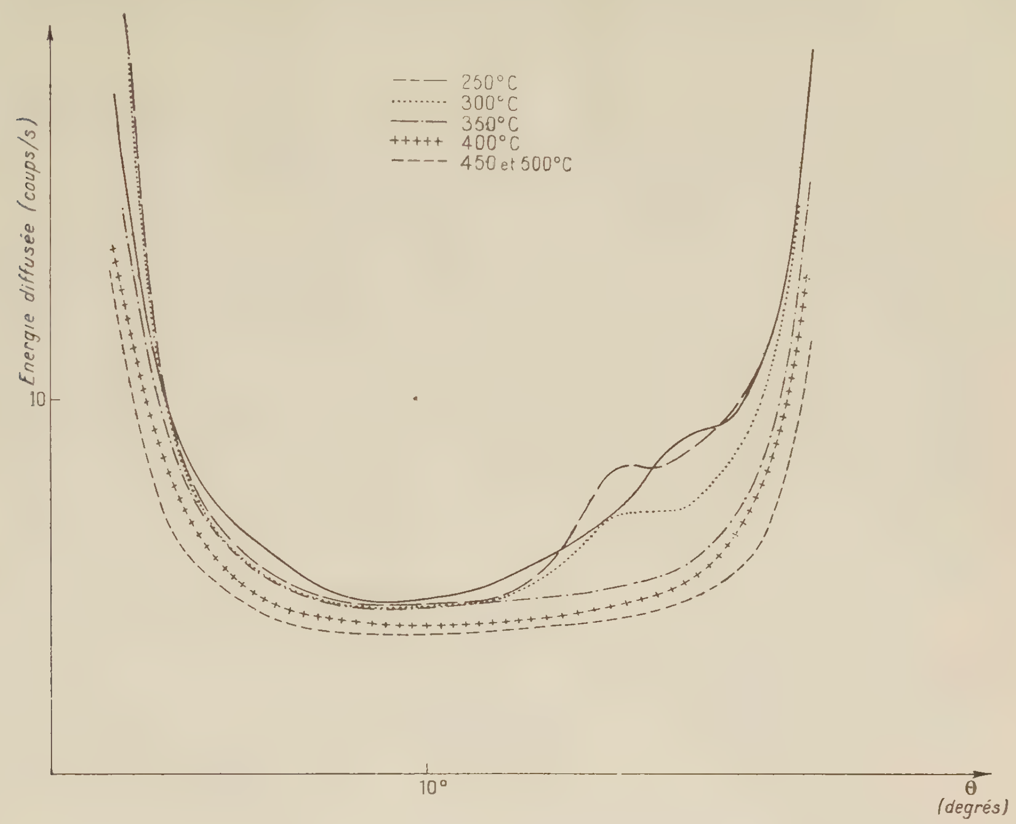


Fig. 1. — Energie diffusée le long de l'axe [100] après irradiation et chauffages successifs de 1 h à 250, 300, 350, 400, 450 et 500° C. Dose de 2.10^{18} neutrons/cm².

Au cours du traitement de guérison du cristal, ce ressaut s'accentue d'abord à 250° C, puis l'intensité de la traînée décroît et s'annule à 350° C, quand le cristal se décolore. Toutefois pour l'échantillon le moins irradié, la traînée a disparu par chauffage prolongé (100 h) à 250° C alors que la diffusion centrale et la coloration existaient toujours.

De la théorie de l'effet des imperfections cristallines sur la diffraction des rayons X [3] nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1. La diffusion localisée sur les axes ⟨100⟩ provient des défauts de périodicité de l'empilement des plans {100} du cristal. Ces plans restent parallèles et l'ordre dans ces plans n'est pas affecté.

2. L'ordre de grandeur de la surface des zones perturbées se déduit de l'étendue de la diffusion autour de l'axe [100] du réseau réciproque : on trouve dans le cas de l'échantillon le plus irradié un diamètre moyen de 70 Å qui croît jusqu'à 160 Å au cours du traitement thermique.

3. L'irrégularité ne peut être due uniquement à un déplacement de plans intacts de LiF car l'intensité de la diffusion ne s'annule pas à l'origine du réseau réciproque. La zone perturbée doit comprendre des plans d'un facteur de diffusion différent, donc d'une composition différente des plans normaux.

4. Le maximum flou de diffusion indique que certains plans de la zone doivent être plus écartés que les plans normaux et cet écartement serait voisin de 3 Å. Or c'est justement le diamètre des atomes neutres de lithium.

Ces données nous conduisent à l'hypothèse suivante : Les atomes interstitiels produits par irradiation ne restent pas isolés dans le cristal mais ils se rassemblent pour former des plans d'atomes parallèles aux plans (100). Rappelons que de tels rassemblements d'atomes étrangers sont connus dans le cas des solutions sursaturées avant la précipitation vraie (zones Guinier-Preston dans AlCu). C'est le lithium qui se rassemblerait tandis que le fluor se dégagerait [4] ou trouverait place dans les cavités submicroscopiques résultant de la coalescence des lacunes [2]. Les atomes de lithium peuvent former presque sans contrainte un réseau plan centré de maille 4,02 Å, c'est-à-dire identique au plan (100) de LiF.

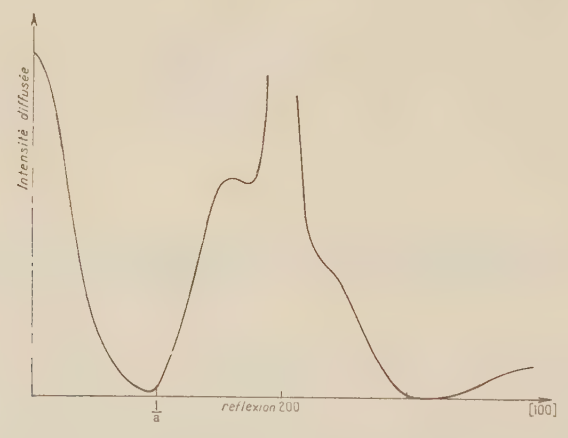


Fig. 2. — Variation de l'intensité diffusée le long de l'axe [100] dans le cas d'un modèle obtenu par insertion de plans Li entre les plans (100) de LiF.

Il semble très difficile d'obtenir directement à partir de l'expérience la structure de la zone : même si on suppose la zone centrosymétrique, le calcul de la densité électronique projetée sur l'axe [100] ne conduit pas à des résultats clairement interprétables et la méthode de K. Toman [5] est inapplicable, car les déplacements des plans sont trop grands. On est donc réduit à imaginer des modèles et à montrer que la diffusion produite est analogue à celle qui est observée (*fig.* 2).

Pour l'instant d'ailleurs, il est moins important de donner une description détaillée de la zone que de vérifier les hypothèses de départ. On peut

estimer à 10^{-4} la concentration en volume de ces défauts pour l'échantillon ayant reçu 5.10^{18} neutrons/cm² alors que cette même dose provoque 3.10^{-4} fission par molécule de fluorure de lithium. Une observation sur un cristal ayant subi une très forte irradiation (2.10^{19} neutrons/cm²) est intéressante de ce point de vue : les traînées de diffusion sont devenues très faibles et il apparaît de nombreuses taches ou raies de diffraction parmi lesquelles nous avons identifié celles de LiOH et Li_2CO_3 : ces composés sont en *épitaxie* dans le réseau du fluorure de lithium. Dans l'air humide le lithium ne peut pas se séparer, il se combine avec les gaz diffusant à travers les porosités du cristal, et les plans d'atomes de lithium sont les germes de cristaux orientés d'hydroxyde ou de carbonate.

Quand le cristal est moins irradié et qu'il est recuit, les plaquettes de lithium disparaissent par combinaison avec les atomes de gaz diffusant dans le cristal : avec le fluor il se reforme du fluorure et avec le tritium formé par fission il pourrait peut-être se former de l'hydrure (LiH a exactement le même réseau que LiF et ne peut donc pas se voir aux rayons X).

(*) Séance du 1er juillet 1957.

(1) M. Lambert et A. Guinier, *Action des rayonnements de grande énergie sur les solides*, Gauthier-Villars, Paris, 1956, p. 117.

(2) M. Lambert et A. Guinier, *Comptes rendus*, **244**, 1957, p. 2791.

(3) A. Guinier, *Théorie et technique de la Radiocristallographie*, Dunod, Paris, 1956, p. 506.

(4) P. Perio, M. Tournarie et M. Gance, *Action des rayonnements de grande énergie sur les solides*, Gauthier-Villars, Paris, 1956, p. 116.

(5) *Acta Cryst.*, 8, 1955, p. 587.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dessiccation de quelques charbons, activés ou non, par chauffage.* Note (*) de Mlle **Paulette Berthier** et M. **Clément Courty**, transmise par M. Pierre Chevenard.

Des charbons de provenances diverses, activés ou non, pulvérisés ou en grains, desséchés à 110° C donnent des diagrammes de dessiccation semblables présentant des caractères frappants : changement d'allure du phénomène lorsque la moitié, puis les 9/10e de l'eau ont été évacués, avec une exception cependant pour du charbon provenant de bois blanc.

La dessiccation des charbons a été très étudiée; mais les techniques modernes, permettant de suivre un phénomène par pesées continues, appliquées à cette dessiccation, en autorisent une interprétation plus approfondie.

On sait, comme l'un de nous l'a montré (1), qu'en fait, les pertes de masse d'un charbon humide qu'on chauffe, ne sont pas dues uniquement au départ d'eau, mais à une substitution à cette dernière de l'air ambiant

qui, fortement comprimé dans les pores, possède de ce fait une masse non négligeable par rapport à celle de l'eau déplacée. De plus, il y a déjà une très légère oxydation du carbone. Cependant, en gros, les pertes de masses peuvent être attribuées aux pertes d'eau, tout au moins au début du chauffage. Peut-être faudrait-il se montrer plus exigeant à la fin de la dessiccation, que du reste on ne peut atteindre qu'à des températures relativement élevées, mais la sensibilité de notre appareillage ne nous autorise qu'à l'examen du départ d'eau seulement.

Dans tous les cas que nous avons examinés, le diagramme de cette variation de masse en fonction du temps, pour une dessiccation par simple chauffage un peu au-dessus du point d'ébullition de l'eau (+ 110° C) se présente avec la même allure.

Au début, dès que le charbon est introduit dans le four, il s'écoule un certain temps difficile à apprécier avec précision, durant lequel la masse demeure constante, puis diminue légèrement. C'est vraisemblablement, le temps nécessaire à échauffer la matière. Puis le charbon perd du poids et, à un certain instant que nous désignerons par t_0, la décroissance devient régulière. Pour nos prises d'essai de 500 mg et exceptionnellement 1 g, ces pertes de masse régulières par minute $\Delta m/\Delta t$ sont de l'ordre de 4 à 8 mg selon l'échantillon.

Après cette évolution relativement simple du phénomène et, à partir d'un instant que nous désignerons par t_1, la quantité $\Delta m/\Delta t$ devient plus faible et décroît sans cesse sans que, malgré cela, la courbe ait perdu sa régularité, c'est-à-dire sans cassure.

Enfin, brusquement, à un instant t_2, la courbe change d'allure, devenant asymptote à une valeur minimum de la masse qui, du reste, n'est pas encore la masse de charbon sec.

A titre d'illustration de cette étude générale voici quelques résultats obtenus avec sept échantillons de charbons de natures assez variées, préalablement humidifiés dans l'air à degré hygrométrique 90. Les charbons affectés des n°s 1 et 2, puis 3, 4 et 5 sont des charbons de coques de noix de coco activés à la vapeur d'eau et au gaz carbonique; les deux premiers sont en grains, les trois autres pulvérisés. Le sixième est du charbon de saccharose pur, le dernier du charbon de bois blanc activé légèrement. Les symboles H, h, a représentent les pour-cents d'eau déplaçable aux instants initial, t_1 et t_2, rapportés au charbon supposé sec en fin d'expérience. Pour le charbon n° 3, la dessiccation n'a pas été poussée assez loin : c'est pourquoi les grandeurs t_2, a et a/H ne figurent pas au tableau. Les rapports h/H et a/H montrent que la variation à peu près linéaire de la masse en fonction du temps cesse dès que la moitié environ de l'eau déplaçable a été évacuée, que le charbon soit en grains ou en poudre et la dessiccation commence à devenir difficile dès que les 9/10e environ de cette

eau ont été déplacés, sauf toutefois pour le dernier charbon de bois blanc qui devient très difficile à sécher dès que la moitié de l'eau qu'il contient a été évacuée. Ce dernier fait découle de ce que les bois nous donnent des charbons dont la porosité est très fine et, par suite, sont difficiles à vider comme l'un de nous l'a également montré (2). Le charbon de sucre, par contre, ne diffère pas beaucoup des autres échantillons.

N° des charbons.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
H	43,46	48,52	43,32	47,01	48,17	11,61	15,82
t_0 (s)	185	162	193	183	207	112	94
t_1 (mn)	16	11,5	17	11,5	17	8	6
$\frac{\Delta m}{\Delta t}$	8,1	7,6	5,3	7,5	7,2	7,0	4,1
h	27,8	22,3	25,4	24,8	18	5	5,1
$\frac{h}{H}$	0,640	0,460	0,586	0,527	0,374	0,431	0,322
t_2 (mn)	25	22	?	26	55	17	12
a	41,80	42,31	?	43,35	44,25	10,24	8,64
$\frac{a}{H}$	0,962	0,873	?	0,932	0,919	0,882	0,546

Ces mesures ont été faites avec la thermobalance système P. Chevenard qui nous donnait, pour 500 mg de variation de masse, un écart linéaire de 183 mm, permettant ainsi d'apprécier sans difficulté le demi-milligramme. Le cylindre enregistreur faisait un tour en 3 h.

Les prises d'essai examinées étaient de 500 mg, sauf pour les échantillons nos 5 et 6 pour lesquels on a utilisé 1 g.

(*) Séance du 17 juillet 1957.

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1383.

(2) C. Courty, *Charbons activés*, Gauthier-Villars, Paris, 1952, p. 333.

CHIMIE MINÉRALE. — *Évolution thermique de phosphates d'aluminium du groupe* $P_2O_5/Al_2O_3 = 3$. Note (*) de MM. **André Boullé** et **Ferdinand Bouvier d'Yvoire**, présentée par M. Paul Lebeau.

Par chauffage de solutions d'alumine dans l'acide phosphorique, on prépare $(PO_4H_2)_3Al$, $P_3O_{10}AlH_2$ et $3P_2O_5.Al_2O_3$ (tétramétaphosphate). A 970° ce dernier se décompose en P_2O_5 et phosphocristobalite. $P_3O_{10}AlH_2$ s'hydrate à l'air en $P_3O_{10}AlH_2.2H_2O$ et donne vers 500° $3P_2O_5.Al_2O_3$ d'un type nouveau (B), qui à 970° se transforme en tétramétaphosphate. Par chauffage, $(PO_4H_2)_3Al$ donne une phase amorphe puis $3P_2O_5.Al_2O_3$ (B).

Hautefeuille et Margottet (1) ont obtenu des phosphates d'aluminium de composition $3P_2O_5.Al_2O_3.6H_2O$, $3P_2O_5.Al_2O_3.4H_2O$ et $3P_2O_5.Al_2O_3$,

par chauffage d'une solution d'alumine dans l'acide phosphorique concentré, respectivement à 100°, de 150 à 200°, et au-delà de 200°. Nous avons préparé à nouveau ces composés et étudié leur évolution thermique. Pour la commodité de l'exposé, nous les étudierons dans l'ordre $3P_2O_5.Al_2O_3$ [métaphosphate $(PO_3)_3Al$], $3P_2O_5.Al_2O_3.4H_2O$, $3P_2O_5.Al_2O_3.6H_2O$ [ou phosphate monoaluminique $(PO_4H_2)_3Al$].

1° $3P_2O_5.Al_2O_3$ est le tétramétaphosphate bien connu (²). Par chauffage prolongé à 970°, nous avons obtenu sa décomposition en $P_2O_5 + PO_4Al$ (phosphocristobalite), sans que les diagrammes X révèlent la présence d'aucun composé cristallisé intermédiaire, ce qui confirme les résultats de H. Guérin (³).

2° Chauffée entre 150 et 250°, une solution d'alumine dans l'acide phosphorique concentré donne naissance à des cristaux insolubles, qui, après lavage et séchage à l'étuve, ont la composition $3P_2O_5, Al_2O_3.2H_2O$. A l'air ils fixent 4 à 4,5 H_2O sans que varie leur aspect microscopique. Les diagrammes de poudre, réalisés avec les précautions nécessaires, des produits à 2 et 6 H_2O sont différents.

La description que donnent Hautefeuille et Margottet des cristaux obtenus par la méthode précédente s'applique parfaitement à nos produits. Le fait que ces auteurs leur attribuent la composition $3P_2O_5.Al_2O_3.4H_2O$ peut s'expliquer par l'extrême rapidité avec laquelle s'hydrate le produit sec. En raison même de la mobilité de l'eau d'hydratation, nous écrirons désormais les deux composés que nous avons identifiés : $P_3O_{10}AlH_2$ et $P_3O_{10}AlH_2, 2H_2O$. Ces notations sont du reste en accord avec le caractère acide qu'ils manifestent en présence d'une solution de soude. Enfin elles évitent toute confusion entre le composé $P_3O_{10}AlH_2, 2H_2O$ et son isomère $(PO_4H_2)_3Al$.

Par chauffage (150°/h) à la thermobalance (*fig.*), $P_3O_{10}AlH_2, 2H_2O$ se déshydrate dès 100°. A 190°, il possède encore 0,2 à 0,5 H_2O ; la composition $P_3O_{10}AlH_2$ est atteinte vers 400°. Dès cette température, $P_3O_{10}AlH_2$ se décompose en donnant un résidu (B) de composition $3P_2O_5.Al_2O_3$ (ou P_3O_9Al), dont le diagramme de poudre est différent de celui du tétramétaphosphate (A). D'autre part, $P_3O_{10}AlH_2$ n'est pas décomposé par un chauffage de 10 jours à 260°. A 340°, il donne déjà lentement $3P_2O_5.Al_2O_3$ (B).

Au microscope, $3P_2O_5.Al_2O_3$(B) a conservé l'aspect en lamelles à extinction droite et allongement positif de $P_3O_{10}AlH_2.2H_2O$ et $P_3O_{10}AlH_2$. Chauffé quelques heures à 970°, il se transforme en $3P_2O_5.Al_2O_3$(A) qui, nous l'avons vu, se décompose pour laisser de la phosphocristobalite. La suite des réactions réalisées par chauffage progressif de $P_3O_{10}AlH_2.2H_2O$ s'écrit

$$P_3O_{10}AlH_2.2H_2O \rightleftharpoons P_3O_{10}AlH_2 \rightarrow P_3O_9Al(B)$$

$$\rightarrow P_3O_9Al(A) \rightarrow PO_4Al + P_2O_5.$$

Notons que $P_3O_{10}AlH_2$ a la composition d'une triphosphate biacide et

$3P_2O_5 . Al_2O_3$(B) celle d'un métaphosphate ou d'un polyphosphate à longue chaîne.

3° $(PO_4H_2)_3Al$ se présente en aiguilles biréfringentes à extinction droite et allongement positif. Il est soluble dans l'eau et hygroscopique. Nous nous sommes efforcés de l'obtenir aussi pur que possible par un séjour prolongé sur terre poreuse suivi de lavages répétés à l'éther anhydre. En effet, la présence d'une faible quantité d'acide phosphorique modifie considérablement son évolution thermique.

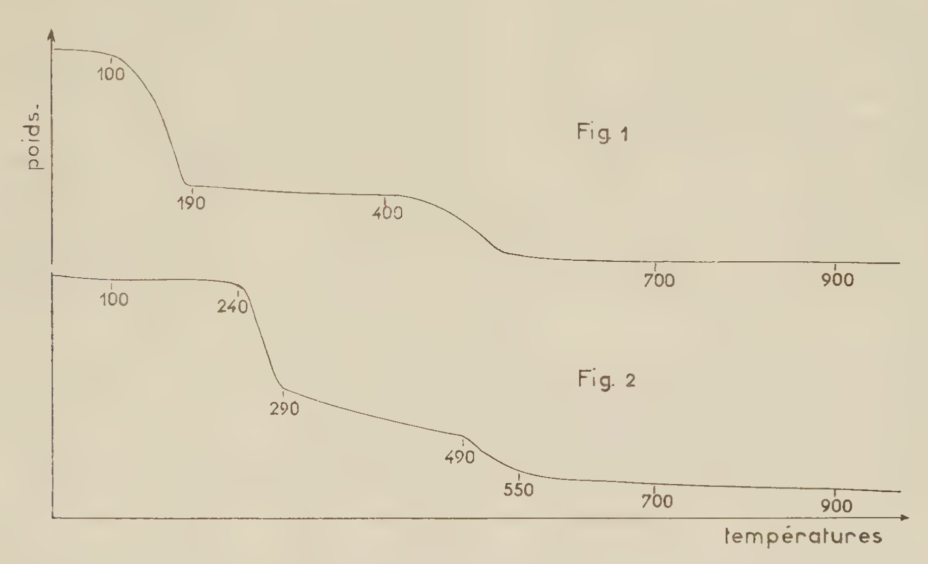


Fig. 1 et 2. — Courbes d'analyse thermogravimétrique de $P_3O_{10}AlH_2$, $2H_2O$ et $(PO_4H_2)_3Al$.

Ainsi lors d'un chauffage de plusieurs jours à 250°, le produit purifié ne se déshydrate pas au-delà de la composition $3P_2O_5 . Al_2O_3 . 2H_2O$: il donne une phase amorphe où apparaissent très lentement des cristaux de $P_3O_{10}AlH_2$. Au contraire, en partant d'un échantillon contenant 3 % d'acide phosphorique libre, la déshydratation est beaucoup plus poussée grâce à la cristallisation de $3P_2O_5 . Al_2O_3$ (A) à côté de $P_3O_{10}AlH_2$.

Lors d'un chauffage (150 °/h) à la thermobalance de $(PO_4H_2)_3Al$ purifié (*fig.* 2), on obtient par trempe à 290° un produit insoluble; l'examen microscopique montre que les aiguilles primitives de $(PO_4H_2)_3Al$ ont conservé leur forme et leur transparence mais sont inactives à la lumière polarisée; aux rayons X, le produit est amorphe : c'est un verre de composition voisine de $3P_2O_5 . Al_2O_3 . 3H_2O$. Par la suite, ce verre se déshydrate progressivement tout en cristallisant localement suivant deux processus successifs :

a. entre 290 et 490° apparaissent par endroits des cristaux de forme mal définie que les rayons X révèlent être $P_3O_{10}AlH_2$ et $3P_2O_5 . Al_2O_3$ (B) (ce dernier provenant peut-être de la déshydratation du précédent);

b. à partir de 490°, les aiguilles de verre restantes cristallisent en

$3 P_2O_5 . Al_2O_3$ (B) : elles conservent leur forme mais deviennent biréfringentes, et leur nouvelle orientation optique paraît quelconque. Cette cristallisation s'accompagne d'une déshydratation marquée sur la courbe de thermobalance par la chute amorcée à 490°.

A 550°, le produit est presque entièrement déshydraté (la perte a atteint 92 % de la perte totale), alors qu'un examen microscopique montre que le pourcentage de matière amorphe (aiguilles partiellement ou non cristallisées) est encore de l'ordre de 50 % : il faut donc admettre que cette matière amorphe a subi une déshydratation partielle au cours de la chauffe. La cristallisation n'est complète que vers 900°.

Notons que le mode de cristallisation précédent, de caractère local et progressif, est bien celui observé dans les verres.

Enfin, à 900°, $3P_2O_5 . Al_2O_3$ type (B) est accompagné d'un peu de $3 P_2O_5 . Al_2O_3$ (A). Cette transformation paraît liée à la présence d'un très faible excès d'acide phosphorique dans le produit de départ : le type (A) est en effet prédominant quand le produit initial contient 3 % d'acide phosphorique libre.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) *Comptes rendus*, **106**, 1888, p. 136.
(2) L. Pauling et J. Sherman, *Z. Krist.*, **96**, 1937, p. 481.
(3) H. Guérin, J. Masson et A. Artur, *Bull. Soc. Chim.*, 1957, p. 545.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la caractérisation physique des carbures de manganèse*. Note (*) de MM. **Marius Picon** et **Jean Flahaut**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les spectres X et les densités permettent de caractériser cinq carbures de manganèse dont les compositions ont été contrôlées par l'analyse des gaz formés en présence de ClH dilué. On trouve CMn_4 quadratique, C_2Mn_6 orthorhombique et hexagonal, C_3Mn_8 triclinique et hexagonal, puis un carbure cubique de composition probable C_3Mn_8. La formule globale de ces composés est $C_nMn_{(2n+2)}$.

Dans une Note récente, nous avons indiqué que les carbures de manganèse observés à la température ordinaire ont une teneur maximum en carbone qui correspond à C_3Mn_8, soit 7,57 %. L'analyse des gaz dégagés sous l'action de ClH dilué nous a aussi permis de fournir la composition de cinq carbures définis, identifiables par leurs spectres X.

Ce nouvel exposé est consacré à l'étude de certaines propriétés physiques de ces carbures, en particulier à l'examen de leurs spectres X et à la détermination des densités qui permettent de contrôler leurs compositions et leurs structures.

Si l'on examine des produits de plus en plus riches en carbone, on décèle

d'abord la solution solide du manganèse α avec du carbone jusqu'à une concentration voisine de 2 %. Le paramètre de cette forme cubique croît alors de 1 %, soit de 8,903 à 8,984 kX. La densité diminue; de 7,47 qui correspond au métal pur, elle baisse jusqu'à des valeurs voisines de 7.

Simultanément, à la même concentration, il apparaît un carbure décrit par Westgren avec une maille cubique à faces centrées de paramètre $a = 10{,}585$ Å [1], contenant 4 molécules C_6Mn_{23}, avec une densité théorique 7,487.

Nous avons constaté que les spectres de poudre ou de monocristal obtenus avec des carbures, ayant sensiblement la composition CMn_4 et homogénéisés par fusion à 1350 ou 1400°, contenaient des raies ou des taches supplémentaires ne pouvant s'interpréter par le cube à faces centrées. Il s'agit d'une maille quadratique correspondant à une légère déformation du cube et de paramètres $a = 7{,}66$ Å, $c = 10{,}57$, $c/a = 1{,}38$. La densité théorique correspond à 7,44 pour 12 molécules CMn_4 par maille, et l'on trouve expérimentalement 7,35.

L'on décèle ensuite une solution solide $CMn_4 + C$ jusqu'à une teneur de 6 % et la densité baisse à nouveau jusqu'à 7,14. Signalons que jusqu'à cette proportion assez élevée en carbure, les raies fortes du spectre de Mnα restent présentes dans les spectres en subissant des diminutions d'intensité et aussi évidemment des déplacements relativement faibles.

Le composé C_2Mn_6 orthorhombique contenant 6,79 % de carbone, isomorphe de CFe_3 se rencontre pour les concentrations au-dessus de 6 %. Nous avons, en effet, pour la première fois, décelé un spectre X de poudre, analogue à celui de CFe_3 et qui, interprété par les indices connus pour ce dernier carbure, fournit pour C_2Mn_6 les paramètres $a = 4{,}53$ Å, $b = 5{,}11$ et $c = 6{,}76$. La densité théorique avec 4 molécules par maille est 7,50 g/cm$_3$. Expérimentalement, l'on trouve $7{,}30 \pm 0{,}05$.

Dans diverses préparations, l'on voit apparaître une forme cristalline non encore décrite, caractérisée par la présence de lamelles à base hexagonale régulière et par l'obtention d'un spectre X de poudre assez simple ne contenant que cinq fortes raies et qu'on peut interpréter dans un système cubique de paramètre $a = 3{,}874$ Å.

Il faut remarquer que les culots obtenus ne contiennent jamais ce carbure pur. Avec une préparation à 2,3 % de carbure, il est réparti dans une abondante solution solide de Mnα; la densité $d = 6{,}94$. Dans des mélanges avec C_2Mn_6 orthorhombique, l'on note $d = 7{,}19$ pour 6,83 % C. Avec C_3Mn_8 triclinique, $d = 6{,}79$ à 7,24 pour 7,37 à 7,62 % C. Certains produits contenant de très fortes proportions de ce carbure correspondent à une teneur de 7,37 % en carbone, donc légèrement supérieure au chiffre théorique de 6,79 pour C_2Mn_6.

Avec des spectres de monocristaux, l'on constate l'existence d'un axe

de symétrie sénaire identifié par un diagramme de Laüe. Les paramètres mesurés sont $a = 5{,}48$ Å et $c = 6{,}71$. Ils conduisent à un prisme hexagonal contenant 2 molécules C_2Mn_6 par maille et une densité théorique de 6,73. Expérimentalement, l'on trouve 6,8.

Il faut cependant noter que si les diagrammes de Laüe donnent une symétrie hexagonale, celle-ci pourrait n'être due qu'à la formation de mâcles du type spinelle avec des cubes de paramètre $a = 3{,}874$ Å. Dans ce dernier cas, la maille ne contiendrait plus qu'une molécule CMn_4, soit 5,18 % de carbone avec une densité théorique de 6,61. Ces derniers chiffres sont trop éloignés des valeurs expérimentales pour que la composition CMn_4 puisse être envisagée. L'analyse des gaz formés par le carbure élimine aussi cette dernière formule.

Ce produit paraît être d'une série instable; ses conditions de formation n'ont pas été exactement fixées, sa densité théorique est faible, la présence de ce corps a été décelée à des températures de 1250 à 1350° et pour des proportions très différentes de carbone, de 2 à 10 %. Mentionnons spécialement que ce carbure, toujours obtenu à l'état de mélanges, évolue vers la forme hexagonale de C_3Mn_8 par des chauffes prolongées à 1300°.

Nous avons enfin décelé l'existence de deux carbures C_3Mn_8 avec 7,57 % de carbone, l'un triclinique et l'autre signalé par Westgren, comme rhomboédrique avec la composition C_3Mn_7 qui correspond à 8,56 % de métalloïde. Rappelons, à ce sujet que les teneurs en carbone supérieures à celle de C_3Mn_8 n'ont jamais pu être mises en évidence expérimentalement. Dans divers essais effectués avec une concentration supérieure à 7,57 %, nous avons constaté que le carbure formé contenait après refroidissement du graphite cristallisé. Il s'ensuit qu'au-dessus de cette dernière concentration, du graphite peut se dissoudre à chaud dans le carbure, mais sans passer à l'état de combinaison.

La forme rhomboédrique décrite par Westgren ne correspond qu'à une partie des raies spectrales. Les diagrammes complets conduisent à une maille hexagonale de paramètre $a = 13{,}90$ Å, $c = 4{,}55$ et $c/a = 0{,}327$. Pour 7 molécules C_3Mn_8, on trouve une densité théorique de 7,10 g/ml. Nous avons trouvé 6,8 à 6,88 pour les composés obtenus au four à arc.

Des préparations du carbure précédent, en particulier celles qui correspondent à un passage à une température dépassant 1250°, et à un refroidissement rapide, contiennent une certaine quantité d'un dérivé donnant le spectre d'une maille cubique de paramètre $a = 8{,}14$ Å. Les teneurs en carbone et les densités observées conduisent pour ce produit à la formule probable C_3Mn_8, avec une densité théorique 7,26 pour 5 molécules par maille.

La forme triclinique de C_3Mn_8 n'a pas encore été signalée. Avec un monocristal de forme tabulaire, nous avons vérifié cette structure, mesuré

l'un des paramètres, $a = 11{,}06$ Å et déterminé les raies caractéristiques dans les spectres de poudre. Les cristaux sont altérables par l'humidité atmosphérique, mais on peut les protéger en les enrobant dans la paraffine où l'huile de moteur. Après leur attaque, ils présentent des stries parallèles attestant l'existence de directions nettement privilégiées.

Remarquons que tous les carbures de manganèse, caractérisés à la température ordinaire, correspondent à la formule générale $C_nMn_{(2n+2)}$ et qu'ils fournissent, sous l'action de l'eau, des carbures d'hydrogène saturés.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) WESTGREN, *Jernk. Ann.*, 1933, p. 501; JACOBSON et WESTGREN, *Z. Physik. Chem.*, B, **20**, 1933, p. 362.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de dérivés de la diméthoxy*-6.7 (*diméthoxy*-3'.4-*phényl*)-4 *isoquinoléine*. Note (*) de MM. **Raymond Quelet**, **Mehdi Mansouri** et **Robert Pineau**, présentée par M. Marcel Delépine.

La diméthoxy-6.7 (diméthoxy-3'.4' phényl)-4 tétrahydro-1.2.3.4 isoquinoléine, les alcoyl ou aryl-1 dihydro-3.4 isoquinoléines correspondantes s'obtiennent sans difficultés par les méthodes classiques, à partir du bis-(diméthoxy-3.4 phényl)-1.1 amino-2 éthane et de ses dérivés N-acylés.

Dans une Note précédente (1), nous avons montré que le bis-(diméthoxy-3.4 phényl)-1.1 amino-2 éthane (I) s'obtient avec un rendement de 80 % par condensation de l'aminoacétal diéthylique sur le vératrole en présence d'acide sulfurique au sein de l'acide acétique. En remplaçant l'aminoacétal par ses dérivés N-acylés, la condensation s'effectue dans les mêmes conditions et nous avons pu obtenir ainsi, directement, à partir du vératrole, les dérivés N-acétylé, N-propionylé et N-benzoylé de l'amine (I).

Nous avons utilisé cette diaryléthylamine et les amides précédents pour accéder à des dérivés de la diméthoxy-6.7 (diméthoxy-3'.4' phényl)-4 isoquinoléine. Aucun dérivé de ce type n'avait été à notre connaissance signalé; il nous a paru intéressant de les synthétiser dans le but de comparer leur activité physiologique à celle des isoquinoléines du type papavérine.

CH_2O / HCl

(I) (II)

Par mise en œuvre de la méthode de A. Pictet et R. Spengler ([2]) nous avons obtenu sans difficultés la diméthoxy-6.7 (diméthoxy-3'.4' phényl)-4 tétrahydro-1.2.3.4 isoquinoléine (II). La cyclisation a été effectuée en chauffant à reflux pendant 2 h l'amine (I) (5 g) en solution dans 10 ml de méthanol avec 5 ml de formol à 40 % et 10 ml d'acide chlorhydrique concentré (Rdt 70 %).

Un essai de déshydrogénation sur Pd dans la tétraline bouillante n'a pas donné de résultats satisfaisants.

Les dérivés N-acylés (III) de la gem-diaryl amine initiale, chauffés avec l'oxychlorure de phosphore dans le toluène bouillant, suivant le mode opératoire préconisé par Pictet ([3]) et Decker ([4]), nous ont donné les dihydro-3.4 diméthoxy-6.7 (diméthoxy-3'.4' phényl)-4 isoquinoléines attendues (IV) avec des rendements de 60 à 75 % :

(III) $\xrightarrow{POCl_3}$ (IV) $\xrightarrow[Pd]{H_2}$ (V)

Ces dernières se déshydrogènent par chauffage sur Pd dans la tétraline bouillante et conduisent avec des rendements de l'ordre de 80 % aux tétraméthoxy isoquinoléines correspondantes (V).

Produits préparés. — *Diméthoxy-6.7 (diméthoxy-3'.4' phényl)-4 tétrahydro-1.2.3.4 isoquinoléine* (II) : fins cristaux (méthanol) F 147°, soluble dans l'alcool, le benzène chaud, insoluble dans l'éther et l'eau. Analyse : $C_{19}H_{23}O_4N$, calculé %, C 69,28; H 7,04; N 4,25; trouvé %, C 69,3; H 6,9;

N 4,4. *Chlorhydrate*, aiguilles (méthanol) F 240°, peu soluble dans l'eau froide. *Picrate* F 233°.

Dérivés de la diméthoxy-6.7 (*diméthoxy*-3'.4' *phényl*)-4 *dihydro*-3.4 *isoquinoléine* (formule IV).

R.	Nature du dérivé.	Formule brute.	F (°C).	Analyse calculé % C.	H.	N.	Analyse trouvé % C.	H.	N.
$—CH_3$......	Base libre	$C_{20}H_{23}O_4N$	70	–	–	–	–	–	–
$—CH_3$......	Chlorhydrate	$C_{20}H_{23}O_4N$, HCl	191-192	–	–	–	–	–	–
$—CH_3$......	Picrate	$C_{26}H_{26}O_{11}N_4$	220-221	54,73	4,59	9,82	54,60	4,75	9,94
$—C_2H_5$.....	Base libre	$C_{21}H_{25}O_4N$	129	70,96	7,09	3,94	71,10	7,15	3,85
$—C_2H_5$.....	Picrate	$C_{27}H_{28}O_{11}N_4$	190-191	55,47	4,83	9,58	55,55	5,10	9,71
$—C_6H_5$.....	Base libre	$C_{25}H_{25}O_4N$	129-130	74,42	6,24	3,47	74,77	6,48	3,38
$—C_6H_5$.....	Chlorhydrate	$C_{25}H_{25}O_4N$, HCl	163-164	–	–	–	–	–	–
$—C_6H_5$.....	Picrate	$C_{31}H_{28}O_{11}N_4$	167-168	58,85	4,46	8,85	59,28	4,70	9,03

Dérivés de la diméthoxy-6.7 (*diméthoxy*-3'.4' *phényl*)-4 *isoquinoléine* (formule V).

R.	Nature du dérivé.	Formule brute.	F (°C).	Analyse calculé % C.	H.	N.	Analyse trouvé % C.	H.	N.
$—CH_3$......	Base libre	$C_{20}H_{21}O_4N$	207-208	70,77	6,23	4,12	71,05	6,35	4,32
$—CH_3$......	Chlorhydrate	$C_{20}H_{21}O_4N$, HCl	211-212	–	–	–	–	–	–
$—CH_3$......	Picrate	$C_{26}H_{24}O_{11}N_4$	240	54,93	4,25	9,85	54,95	4,30	9,86
$—C_2H_5$.....	Base libre	$C_{21}H_{23}O_4N$	176	71,36	6,56	3,96	71,10	6,68	3,88
$—C_2H_5$.....	Picrate	$C_{27}H_{26}O_{11}N_4$	222-223	–	–	–	–	–	–
$—C_6H_5$.....	Base libre	$C_{25}H_{23}O_4N$	105-107	–	–	–	–	–	–
$—C_6H_5$.....	Picrate	$C_{31}H_{26}O_{11}N_4$	224	59,05	4,16	8,88	59,06	4,76	8,72

(*) Séance du 17 juillet 1957.

(1) R. Quelet, M. Mansouri et R. Pineau, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 755.

(2) *Ber. dtsch. Chem. Ges.*, 44, 1911, p. 203.

(3) A. Pictet et M. Inkelstein, *Ber. dtsch. Chem. Ges.*, 42, 1909, p. 1979.

(4) A. Decker et W. Kropp, *Ber. dtsch. Chem. Ges.*, 42, 1909, p. 2075.

(*Laboratoire de Chimie organique, II, Faculté des Sciences, Paris.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les cis-*1.2 *diacoyl indanes*. Note (*) de MM. **Hichma El Hass, Antonin Deluzarche** et **Alfred Maillard**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans le cadre d'une étude générale des hydrocarbures effectuée dans le laboratoire de M. Maillard, et comme suite à notre travail antérieur (les α et β-mono-alcoyl indanes), nous avons préparé neuf 1.2-dialcoyl indènes (I) et neuf 1.2-dialcoyl indanes (II), ainsi que tous les produits intermédiaires.

(I) (II)

a. 1.2-*dialcoyl indènes.* — Pour la préparation de ces produits, nous sommes partis du benzyl malonate d'éthyle, une alcoylation avec R'Br a donné les benzylalcoyl malonates d'éthyle. Nous avons saponifié ces esters par la potasse alcoolique à 25 % (un excès de 400 % de KOH était nécessaire) et décarboxylé les diacides obtenus. La cyclisation des mono-acides nous a permis d'obtenir les β-alcoyl indanones, sur lesquelles nous avons fait agir un excès de magnésien (100 %); les alcools tertiaires obtenus sont instables, nous les avons déshydratés par SO_4KH et purifiés sur sodium à 50-60° pendant quelques jours, puis distillés sur du nickel Raney. Le tableau I donne les caractéristiques des dérivés obtenus :

TABLEAU I.

Nom.	Formule.		n_D^{20}.	Rdt % par rapport à l'indanone initiale.
1-éthyl-2 butyl indène..........	$C_{15}H_{20}$	$É_{17}$ 156°	1,5368	60
1-éthyl-2 heptyl »	$C_{18}H_{26}$	$É_{17}$ 191	1,5243	55
1-amyl-2 butyl »	$C_{18}H_{26}$	$É_{15}$ 181	1,5249	50
1-butyl-2 hexyl »	$C_{19}H_{28}$	$É_{15}$ 191	1,5216	49
1-hexyl-2 butyl »	$C_{19}H_{28}$	$É_{15}$ 194	1,5211	56
1-propyl-2 heptyl »	$C_{19}H_{28}$	$É_{17}$ 198	1,5194	52
1.2 diamyl »	$C_{19}H_{28}$	$É_{15}$ 192	1,5210	54
1-butyl-2 heptyl »	$C_{20}H_{30}$	$É_{15}$ 207	1,5200	52
1-heptyl-2 butyl »	$C_{20}H_{30}$	$É_{15}$ 204	1,5164	49

Structure. — Position de la double liaison.

La comparaison du spectre infrarouge de l'indène d'une part, et du spectre Raman du 3-méthylcyclopentadiène d'autre part, permet de tirer un certain nombre de conclusions :

Pour l'α-méthyl indène on a :

1° apparition d'une bande à 1380 cm^{-1} caractéristique du groupe CH_3;
2° absence des bandes caractéristiques du groupe Vinyl;
3° analogie avec un certain nombre de bandes du spectre Raman du 3-méthylcyclopentadiène.

Il s'ensuit que la double liaison dans l'α-méthyl indène est intracyclique.

La grande analogie des spectres infrarouges et le fait qu'on peut superposer exactement les spectres ultraviolets des α-monoalcoyl indènes et 1.2-dialcoyl indènes avec ceux de l'α-méthyl indène permet de penser que la double liaison, dans le cas des produits que nous avons préparés, est intracyclique.

b. Cis-1.2-dialcoyl indanes (II). — L'hydrogénation des 1.2-dialcoyl indènes en présence de Pd sur SO_4Ba à température et pression ordinaires et en milieu de cyclohexane, nous a conduit aux cis-1.2-dialcoyl indanes suivants :

TABLEAU II.

Nom.	Formule.		d_{20}.	n_D^{20}.	R. M. Calculée.	R. M. Théorique.
Cis-1-éthyl-2 butyl indane...	$C_{15}H_{22}$	$\acute{E}_{17}$ 147°	0,915	1,5098	55,61	65,67
Cis-1-éthyl-2 heptyl » ...	$C_{18}H_{28}$	$\acute{E}_{17}$ 182	0,905	1,5031	79,41	79,52
Cis-1-amyl-2 butyl » ...	$C_{18}H_{28}$	$\acute{E}_{15}$ 174	0,903	1,5030	79,86	79,52
Cis-1-butyl-2 hexyl » ...	$C_{19}H_{30}$	$\acute{E}_{15}$ 185	0,9026	1,5010	84,18	84,14
Cis-1-hexyl-2 butyl » ...	$C_{19}H_{30}$	$\acute{E}_{15}$ 186	0,902	1,5013	84,33	84,14
Cis-1-propyl-2 heptyl » ...	$C_{19}H_{30}$	$\acute{E}_{17}$ 189	0,901	1,5018	84,44	84,14
Cis-1.2 diamyl » ...	$C_{19}H_{30}$	$\acute{E}_{17}$ 186	0,900	1,5012	84,42	84,14
Cis-1-butyl-7 heptyl » ...	$C_{20}H_{32}$	$\acute{E}_{17}$ 202	0,898	1,500	89,05	88,76
Cis-1-heptyl-2 butyt » ...	$C_{20}H_{32}$	$\acute{E}_{17}$ 198	0,897	1,4992	89,07	88,86

Nous nous sommes basés sur des résultats de Linstead [1] et Elsner et ses collaborateurs [2] pour affirmer que nous avons obtenu la forme cis.

Mme Brini a bien voulu se charger pour nous de la partie spectroscopique de ce travail.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) R. LINSTEAD et ses coll., *J. Amer. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 1985.

(2) P. B. ELSNER et P. F. M. PAUL, *Chem. Soc.*, 1953, p. 3156; P. B. ELSNER et K. J. PARKER, *Chem. Soc.*, 1957, p. 595.

(*Faculté des Sciences, Strasbourg.*)

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Coefficients d'absorption massique du lithium.* Note (*) de MM. **Philippe Olmer** et **Georges Champier**, transmise par M. Charles Mauguin.

Des mesures directes effectuées sur des échantillons de Li, très purs, pour la radiation Cu K α et son harmonique deux, permettent de trancher entre les différentes valeurs proposées par différents auteurs. On trouve pour le lithium : $(\mu/\rho)\,(\mathrm{Cu\,K}\alpha) = 0{,}58$, $(\mu/\rho)\,[(\mathrm{Cu\,K}\alpha)/2] = 0{,}23$.

Les valeurs du coefficient d'absorption massique du lithium pour les rayons X sont assez mal connues et présentent, suivant les auteurs, des divergences importantes.

Celles rassemblées par Allen en appendice à l'Ouvrage *X Rays in theory and in experiment* de Compton et Allison [1] correspondent à des moyennes de mesures effectuées par différents expérimentateurs [2], [3], [4] sur différents échantillons de lithium plus ou moins pur et avec des rayonnements filtrés et non monochromatiques.

Les valeurs données dans les Tables internationales [5] sont plus sûres. Elles ont été déterminées pour certaines longueurs d'onde bien définies (Ag Kα, Rh Kα, Mo Kα) et avec des échantillons de lithium qui semblent plus purs. Extrapolées pour la radiation Cu Kα et son deuxième harmonique, elles fournissent des valeurs respectivement 45 % et 15 % plus faibles que celles données par Allen.

Enfin J. A. Victoreen [6] a calculé ces valeurs en utilisant les données de la spectrographie d'émission. Ses résultats se rapprochent de ceux des Tables Internationales. Le tableau groupe l'ensemble des valeurs ainsi obtenues.

	Valeurs			
	données par Allen.	extrapolées des Tables internationales.	calculées par Victoreen.	mesurées.
$\lambda = 0{,}768$ KX	0,27	0,23	0,24	0,23
$\lambda = 1{,}537$ KX	1,10	0,60	0,67	0,58

L'un d'entre nous effectuant des mesures photométriques absolues sur la diffusion des rayons X dans les monocristaux de lithium pour la radiation Cu Kα, il a été nécessaire de procéder à une détermination directe et précise de ce coefficient μ/ρ à la fois pour la radiation Cu Kα (λ Cu K$\alpha_1 = 1{,}537$ KX) et pour l'harmonique 2 ($\lambda = 0{,}768$ KX).

Le rayonnement est fourni par une anticathode de cuivre et par un

monochromateur à lame de quartz courbée. Pour la radiation Cu Kα, le tube est excité par une tension redressée et stabilisée de 13 kV. L'harmonique 2 n'apparaît pas. Pour la radiation de longueur d'onde moitié, on opère sous une tension de 20 kV, et le rayonnement est filtré, après passage du monochromateur, par une lame d'aluminium de 0,125 cm d'épaisseur. Dans ces conditions, le facteur d'absorption de la radiation CuK est de $0,74.10^{-7}$ alors que celui de l'harmonique 2 n'est que de 0,133. La radiation $\lambda = 1,537$ KX est totalement absorbée, seule passe celle correspondant à l'harmonique deux.

Les échantillons de lithium sont coulés en forme de cylindres de 1 à 2 cm d'épaisseur sous argon purifié. Ils proviennent de lithium « Prolabo » qui s'est avéré l'un des plus purs que nous ayons pu nous procurer. Différentes analyses spectrales ont donné comme pourcentage d'impuretés : Na de l'ordre de 0,02 %; K $<$ 0,01 %.

Les mesures s'effectuent au compteur Geiger-Müller, soit sous hydrogène, soit sous vide; la lame absorbante est placée à 125 mm de la fenêtre d'entrée du compteur, si bien que la proportion de flux diffusé contribuant à la photométrie est ainsi négligeable.

Les photométries permettent d'avoir le rapport I/I_0 à 2 % près environ. Eu égard à cette précision, les erreurs provenant de la mesure de l'épaisseur et de la densité ou, ce qui est équivalent, de la masse et de la surface de l'échantillon, sont négligeables. Le rapport μ/ρ est donc connu à 0,02 près. Enfin compte tenu de leurs coefficients d'absorption, la présence des impuretés Na et K n'entache pas le résultat d'une erreur supérieure à 3 %. Si bien que les coefficients mesurés peuvent être tenus pour ceux du lithium pur à 6 % près.

Les résultats obtenus, moyennes de mesures faites sur différents échantillons, sont portés dans la dernière colonne du tableau I. Pour l'harmonique 2, ils sont en bon accord avec les valeurs extrapolées des Tables Internationales et les valeurs calculées de Victoreen. Pour la radiation CuKα l'accord reste satisfaisant avec les résultats des tables. En tout état de cause, ils permettent de rejeter les valeurs données par Allen.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) *X Rays in theory and Experiment*, p. 800.

(2) K. C. MAZUMDER, *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 457.

(3) O'BRYAN, *Phys. Rev.*, 49, 1935, p. 879.

(4) W. V. MAYNEARD et J. E. ROBERTS, *Nature*, 136, 1935, p. 793.

(5) *Internationalen Tabellen zur Bestiminung von Kristallstruktur*, 2, Berlin, 1935.

(6) *J. Appl. Phys.*, 19, 1948, p. 855; 20, 1949, p. 1141.

GÉOLOGIE. — *Sur la paléobotanique et la stratigraphie du Bassin de Fort-Polignac (Sahara).* Note (*) de MM. **Édouard Boureau, Paul Claracq** et **Francis Nougarede**, transmise par M. Paul Fallot.

L'examen anatomique de végétaux fossiles récoltés par deux d'entre nous (P. Cl. et F. N.) en divers gisements du bassin de Fort-Polignac, vient de permettre de dater certaines couches litigieuses et de définir avec une grande certitude l'ensemble de la série stratigraphique sédimentaire [1].

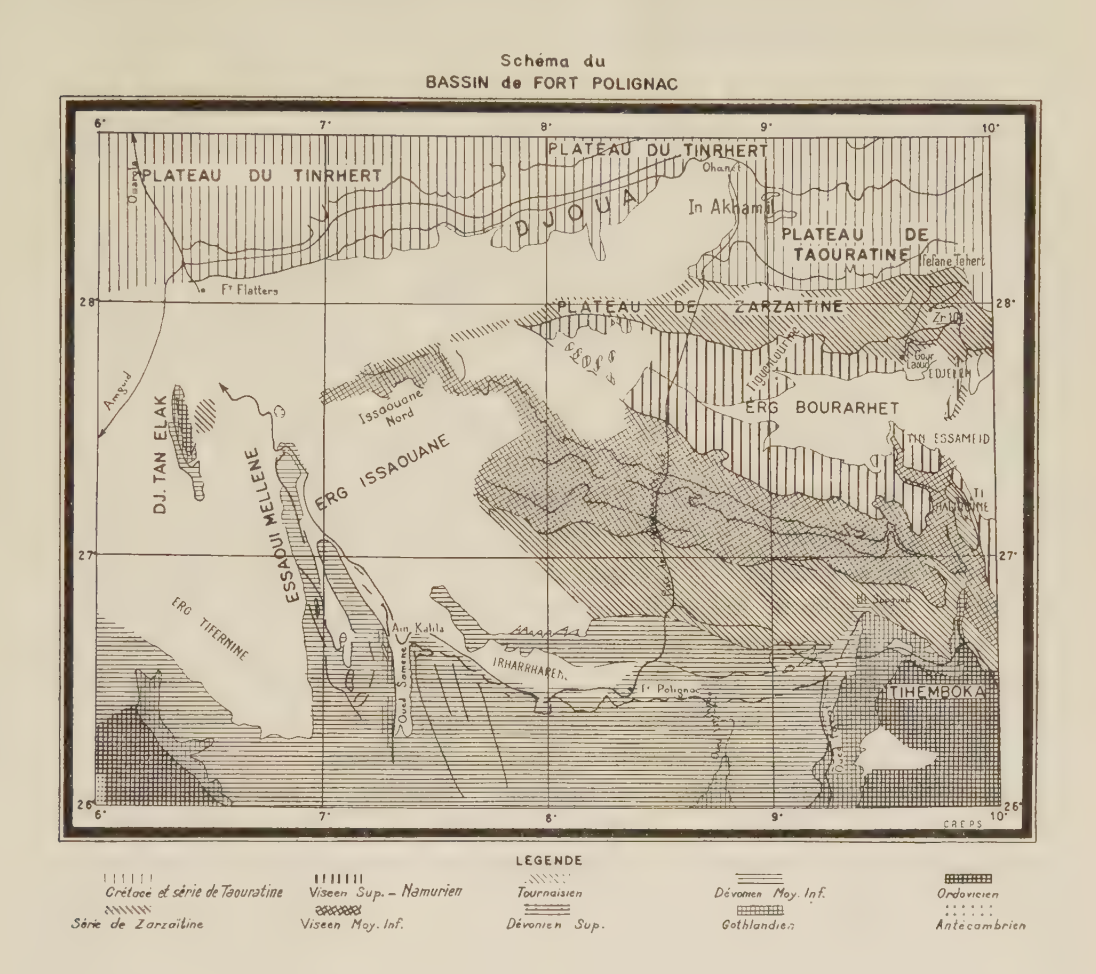
Les difficultés résidaient principalement dans l'âge qu'il convenait d'attribuer aux couches constituant deux plateaux : le plateau de Zarzaïtine et le plateau de Taouratine.

Pour le plateau de Zarzaïtine, J. P. Lehman a déterminé des restes fossiles de Stégocéphales indicatifs du Trias [2].

A la base du plateau de Taouratine, l'un de nous (Ed. B.) a montré la présence d'échantillons rouges ferrugineux de *Paradoxopteris Stromeri* Hirmer. Or, depuis les travaux d'Edwards, on sait que cette espèce est la structure du stipe d'une Fougère fossile longtemps considérée comme exclusivement caractéristique du Crétacé inférieur, le *Weichselia reticulata* Stokes et Webb.

Les travaux de Ed. Boureau et A. F. de Lapparent [3] ont montré plus tard que cette espèce filicéenne avait, dans le Sud de la Tunisie, une plus grande extension verticale, qu'elle était présente, notamment à Tataouine, dès le Jurassique moyen et qu'on pouvait la suivre jusque dans le Wealdien. On peut alors penser que les couches du plateau de Taouratine appartiennent au Continental intercalaire et que le Jurassique n'étant pas exclu de la partie inférieure, il peut y avoir un parallélisme étroit entre ces couches du bassin de Fort-Polignac et celles de la série de Tataouine. D'autre part, l'attribution de ces couches du plateau de Taouratine au Jurassique semble parfaitement confirmée par la présence du gisement d'In Akhamil découvert par A. F. de Lapparent, d'âge typiquement Crétacé inférieur et qui se trouve au-dessus des couches argilo-gréseuses du plateau de Taouratine proprement dit. D'autres placages crétacés sont également superposés au Jurassique. C'est le cas des couches d'un synclinal de la partie orientale de la culmination de Zarzaïtine (101) avec un bon échantillon du genre toujours crétacé, *Protopodocarpoxylon* Eckhold, dont la structure rappelle de très près celle du *P. Teixeiræ* Boureau (Portugal, Maroc, Tunisie) et du *P. Rochii* Boureau (Tchad). Ajoutons que le Crétacé du Djoua a également livré un *Paradoxopteris Stromeri* Hirmer.

Il résulte de ces découvertes que la série sédimentaire devient relativement complète et parfaitement claire avec l'Ordovicien et le Gothlandien dans le Tihemboka, suivi du Dévonien autour de Fort-Polignac,



puis du Tournaisien et du Viséen entre l'Erg Inaouane et l'Erg Bourarhat (avec empreintes de Lépidodendrées dans l'Oued Oubarakat et de nombreuses tiges minéralisées). Enfin vient le Trias de Zarzaïtine sur lequel repose le Jurassique de Taouratine et que recouvre le Crétacé inférieur du Tinrhert et de divers placages.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(¹) Résultats scientifiques publiés avec l'autorisation de la Régie autonome des Pétroles (C. R. E. P. S.).

(²) *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 551.

(³) *C. R. somm. Soc. Géol. France*, 7, 1951, p. 107-109.

PALÉONTOLOGIE. — *Les œufs de Dinosauriens fossiles de Rousset (Bouches-du-Rhône).* Note (*) de M. **Albert-F. de Lapparent**, présentée par M. Jean Piveteau.

Riches gisements d'œufs de Dinosauriens à Rousset, tant dans le Rognacien que dans les argiles rutilantes du Vitrollien inférieur, qu'il faudrait donc rattacher encore au Crétacé. Remarques paléobiologiques sur ces œufs et sur l'extinction des Dinosauriens.

La localité de Rousset, située à 15 km à l'Est d'Aix-en-Provence, avait livré autrefois trois œufs de Dinosauriens conservés à Marseille [1]. Le point précis de leur provenance demeurait inconnu, bien que des débris de coquilles d'œufs aient été récoltés à plusieurs reprises aux environs du village.

Or, depuis un certain temps, Mme A. Frigara avait découvert autour de Rousset d'abondants fragments de coquilles et même deux gros œufs entiers qu'elle avait présentés à la séance du 19 avril 1956 de la Société linnéenne de Provence, puis déposés au Palais Longchamp.

Alerté à notre tour et accompagné de M. Paul Mars, assistant au Muséum d'Histoire naturelle de Marseille, qui nous prêta libéralement son concours, nous venons de consacrer quelques jours à l'exploration méthodique des environs de Rousset. Les résultats ayant dépassé notre attente, nous faisons connaître ici la richesse paléontologique de cette localité et les données stratigraphiques nouvelles qui s'en dégagent.

Répartition stratigraphique. — Les œufs fossiles se trouvent en abondance, autour de Rousset, à cinq niveaux stratigraphiques différents.

Les quatre premiers niveaux sont répartis de bas en haut du Rognacien, dans une épaisseur de couches d'environ 200 m, ordinairement dans les marnes, parfois dans les grès, mais non dans les calcaires lacustres. Les gisements les plus riches sont situés vers le haut de la série, à 1 km au Nord-Nord-Est du clocher de Rousset, dans des marnes grises comprises entre deux horizons de calcaires lacustres à *Cyclophorus heliciformis* et *Bauxia disjuncta*. C'est du même niveau que provient l'œuf complet de la Faculté des Sciences de Marseille : nous avons pu savoir qu'il fut découvert, en 1930, par Pierre Chamoux en défonçant une vigne, dans des marnes gréseuses immédiatement subordonnées au calcaire supérieur de Rognac, au Quartier des Prés, à 2 km au Nord-Est de Rousset. On trouve encore dans cette vigne, en abondance, des fragments de coquilles provenant d'autres œufs.

Le cinquième niveau nous a d'abord surpris par sa position stratigraphique. Il fut découvert par Mme A. Frigara à 1 km au Nord de Rousset, dans une butte de marnes rutilantes superposées au calcaire de Rognac,

au Nord de la R. N. 7. Or, il s'agit du Vitrollien inférieur, comportant en outre des grès rouges, des conglomérats à éléments calcaires et quartzeux et le poudingue siliceux dit de la Galante. Plus haut dans la série, on observe un calcaire lacustre, puis de nouvelles argiles rouges, équivalents respectifs du calcaire marmoréen de Vitrolles et des argiles supérieures de Vitrolles. Le tout est subordonné au calcaire thanétien de Saint-Marc-de-l'Arc à *Physa prisca.*

Dans cette succession classique, déjà bien vue ici par L. Collot ([2]), la présence d'œufs de Dinosauriens dans les niveaux rutilants du « Vitrollien » est un fait nouveau. On convenait en effet d'arrêter le Danien, et avec lui le Crétacé, au sommet de la barre supérieure du calcaire de Rognac. On attribuait unanimement au Montien, base de l'Éocène, les argiles rutilantes de Vitrolles ([3]). Mais on a établi par ailleurs que, dans le monde entier, les Dinosauriens se sont éteints à l'extrême fin du Crétacé, sans jamais passer dans l'Éocène. Il faudrait alors englober désormais dans le Danien la moitié inférieure de la série rutilante de Vitrolles. Le vrai Montien ne commencerait qu'avec le calcaire de Vitrolles, qui a précisément fourni autrefois *Physa montensis* dans sa partie terminale.

Remarques paléobiologiques. — Le nombre des œufs dans les gisements susdits est fort important : nous en avons compté 50 entiers dans la série rutilante et un nombre au moins égal dans les marnes grises du Rognacien sous-jacent, sans parler des innombrables fragments de coquilles dispersés un peu partout. Nous avons noté que les œufs sont ordinairement groupés par cinq, côte à côte. Ce chiffre, le plus fréquent, semble indiquer une ponte; leur répartition pourrait suggérer un nid préparé dans la vase ou le sable au bord des mares ou des cours d'eau. Lorsqu'ils sont dans les grès fins de la série rutilante, on parvient à retirer les œufs entiers : 15 ont été rapportés de ce gisement au Palais Longchamp. Par contre, dans les marnes, les coquilles se fragmentent de telle sorte qu'il est rare de pouvoir en obtenir autre chose qu'un moulage partiel. Signalons cependant trois belles pièces extraites des marnes grises du Rognacien (niveau 4) : l'œuf trouvé par P. Chamoux et ceux qu'ont récoltés récemment M. Galito et P. de Bouchony au Nord-Nord-Est de Rousset.

Si l'on considère l'épaisseur de la coquille, on est en présence de deux types bien tranchés. Une épaisseur très constante de 2 mm se retrouve dans tous les gisements de marnes grises des quatre niveaux inférieurs, tandis que les coquilles du niveau rutilant (niveau 5) sont constamment plus minces : 1 mm. Cependant, on doit noter deux exceptions. Dans le gisement de marnes grises à 1 km au Nord-Nord-Est de Rousset (niveau 4). M[me] Frigara a récolté quatre fragments d'une épaisseur tout à fait aberrante : 14 mm. D'autre part, dans les gisements rouges du cinquième niveau, deux œufs, au milieu d'autres à coquille fine, présentent une

coquille de 2 à 2,2 mm d'épaisseur, semblables par conséquent à l'épaisseur de celle des œufs des niveaux inférieurs.

La répartition des papilles sur la face externe et le réseau sinueux sur la face interne [1] sont du même type sur toutes les coquilles, quelle que soit leur épaisseur. Les variations d'épaisseur ne sont dues qu'à un plus ou moins grand développement des prismes de calcite et elles ne peuvent servir à distinguer des espèces.

Pour ce qui est de la taille, les œufs des marnes grises du Rognacien ont des diamètres moyens de 16 × 18 cm; ceux de la série rouge sont un peu plus gros et de forme plus sphérique : leur plus grand diamètre varie de 19 à 23 cm suivant les échantillons.

Nous avions noté autrefois [1] une double coquille sur l'œuf conservé à la Faculté des Sciences de Marseille. Or nous avons observé à Rousset, sur des œufs en place, le cas d'une double coquille, une fois dans les niveaux gris et deux fois dans le niveau rutilant. Cette proportion, de 4 % environ, indiquerait donc simplement un cas pathologique, comparable à celui qu'on a signalé dans les élevages de poules.

Conclusion. — Les œufs fossiles de Rousset ont certainement été pondus par des Reptiles. Leur taille et leur forme faisant exclure les Crocodiles et les Tortues, on les rapportera à des Dinosauriens. On connaît par ailleurs, dans le Rognacien du bassin d'Aix, les ossements d'un Sauropode, *Hypselosaurus priscus* Matheron, qui devait atteindre 15 m de long : il est hautement probable que ces gros œufs sont de cet animal. Mais il faut admettre que ce Sauropode, qui hantait les marécages à l'époque du Rognacien, survivait encore lorsque se déposèrent les grès et les argiles rutilantes qu'on rapportait jusqu'ici au Vitrollien inférieur. Nous nous sommes, naturellement, entretenus de ce problème à Marseille avec M. G. Corroy et Mme S. Taxy, car la localité de Rousset se place désormais au tout premier rang des gisements, rares dans le monde, ayant fourni des œufs de Dinosauriens [4].

Nous touchons là, en outre, au moment si mystérieux de l'extinction des Dinosauriens, à la limite du Crétacé et du Tertiaire. L'accumulation étonnante à Rousset d'œufs non éclos, mais intacts, ne peut guère s'expliquer que par une déficience dans la fécondation ou dans l'incubation. Dans cette seconde hypothèse, on serait amené à invoquer une légère modification climatique, les œufs pouvant être considérés comme un des éléments vivants les plus sensibles aux variations de climat. Quant à l'absence de fécondation, elle pourrait être liée à des phénomènes de carence, dont nous trouverions peut-être un autre indice dans la réduction d'épaisseur de la coquille, constamment observée en passant des niveaux gris inférieurs au niveau rouge supérieur.

On voit que les œufs fossiles de Rousset évoquent d'importants problèmes biologiques d'ordre général, qui dépassent largement le cadre local.

(*) Séance du 8 juillet 1957.

(1) A. F. de Lapparent, *Mém. Soc. Géol. Fr.*, 56, 1947, p. 25-27.

(2) *Thèse*, Montpellier, 1880, p. 92.

(3) *Cf.* E. Haug, *Traité de Géologie*, 1911, p. 1410.

(4) J. Piveteau, *Traité de Paléontologie*, 5, 1955, p. 923-925.

(*Laboratoire de Géologie de l'Institut catholique, Paris.*)

PALÉONTOLOGIE. — *Étude sommaire d'un moulage naturel de la cavité cranienne d'un* Boreosomus *de l'Eotrias de Madagascar*. Note (*) de M[lle] **Laurence Beltan**, présentée par M. Jean Piveteau.

La reconstitution de l'encéphale de *Boreosomus piveteaui* proposée par Nielsen (1942) concorde parfaitement avec un moulage naturel de l'endocrâne de *Boreosomus merlei* récemment découvert, sauf en ce qui concerne l'épiphyse qui passait chez cette dernière espèce dans un canal situé à l'avant de la fontanelle dorsale antérieure et indépendant de celle-ci.

Dans le matériel récolté par M. Lehman en 1954 dans le Nord-Ouest de Madagascar, j'ai trouvé un nodule renfermant un Poisson Paléoniscidé, *Boreosomus merlei*, dont le moule interne de l'endocrâne est parfaitement conservé. Le genre *Boreosomus* est aujourd'hui bien décrit grâce aux travaux de Nielsen (1) et de Lehman (2); on le connaît surtout dans l'Eotrias du Groenland (*B. piveteaui*) et de Madagascar (*B. merlei*). Les moulages endocraniens naturels sont rares : toutefois, Moodie (3) a signalé l'existence de « cerveaux » fossiles de Paléoniscidés dans les Coal Measures de l'Iowa; les moulages endocraniens décrits par Moodie sont nettement actinoptérygiens en raison notamment de la présence de lobes optiques très développés. Eastmann (4) avait aussi fait connaître dans le Dévonien de l'Iowa des nodules renfermant de petits Paléoniscidés (*Rhadinichthys*) avec moulages endocraniens parfois bien conservés. De plus, on doit à Nielsen (1942; *fig.* 66, p. 320) une reconstitution de l'encéphale de *Boreosomus piveteaui* établie par la méthode des sections sériées. Le moule naturel de l'endocrâne de *B. merlei* (voir *figure*) confirme presque en tout point la description de Nielsen : le télencéphale (*tel*) partagé par un sillon médian indiquant la position des hémisphères se prolongeait antérieurement par les nerfs olfactifs (I); le diencéphale était peu développé. La fontanelle dorsale (*font*) antérieure est un peu plus allongée postérieurement chez *B. merlei* que chez *B. piveteaui*. Le mésencéphale de forme globulaire montre de gros lobes optiques (*l. opt*); le sillon médian du mésencéphale est à peine visible. Le nerf pathétique (IV) est visible

latéralement et antérieurement par rapport au mésencéphale. Le métencéphale (*met*) a l'aspect de deux bourrelets divergents vers l'avant. Le myélencéphale (*myc*) très étroit antérieurement entre les bourrelets du métencéphale est surmonté par deux épaississements d'interprétation



Moulage endocranien de *Boreosomus merlei* : vue dorsale (longueur : 2 cm.). *c. sem. ant*, *c. sem. post*, canaux semi-circulaires antérieur et postérieur; *c. ju*, canal jugulaire; *dic*, diencéphale; *e. in*, espace intramural; *ep*, épiphyse; *font*, fontanelle antérieure dorsale; *l. opt*, lobe optique; *l. v*, lobus vagus; *mec*, mésencéphale; *met*, métencéphale; *myc*, myélencéphale; *pr. po*, processus postorbitaire; *s. us*, emplacement du sinus utriculaire supérieur; *tel*, télencéphale; I, nerf olfactif; IV, nerf pathétique; IX, *d*, branche dorsale du glossopharygien.

énigmatique, les *lobi vagi* (*l. v*). Dans l'oreille interne, on observe le canal semi-circulaire antérieur (*c. sem. ant*) et le canal semi-circulaire postérieur (*c. sem. post*), la cavité du sinus *utriculi superior* (*s. us*), les *ampullæ anterior* et *posterior*.

Un petit tubercule (*ep.*) situé en avant de la fontanelle dorsale et dirigé vers l'avant devait chez *B. merlei* loger en partie l'organe pinéal. Selon Nielsen, chez *B. piveteaui*, l'épiphyse devait se loger dans la fontanelle dorsale antérieure; la position de l'épiphyse est donc différente dans l'espèce du Groenland et dans celle de Madagascar; cependant il est possible aussi que, suivant l'ossification de l'endocrâne, même à l'intérieur d'une même espèce, le canal qui logeait l'épiphyse ait pu passer dans la partie osseuse de la boîte cranienne ou dans la fontanelle dorsale cartilagineuse.

On retrouve également sur le moule endocranien interne de *B. merlei* l'espace intramural décrit par Nielsen chez *B. piveteaui*; selon Nielsen, cet espace intramural serait homologue à la partie postérieure de la fosse de Bridge de *Pteronisculus* et au canal latéral de *Caturus* [*voir* aussi Rayner (5)]. Des rameaux nerveux qui n'ont jamais été observés partent de cet espace intramural : au moins certains de ces rameaux sont probablement des branches dorsales du glossopharyngien (IX *d*). Le rôle de cet espace intramural connu aussi chez *Kentuckia* [Rayner (6)] est discuté : Nielsen (1942, p. 101) suppose qu'il devait contenir des nerfs allant à la fosse de Bridge; Mlle Rayner (1956, p. 78) admet que les nerfs contenus dans cet espace ne pouvaient être que des petites fibres latérales allant aux canaux sensoriels et que l'espace intramural devait surtout renfermer du tissu conjonctif; il s'agirait selon Mlle Rayner d'espaces inconstants chez les Actinoptérygiens et plus ou moins développés en rapport avec l'extension de l'ossification. La présence de rameaux nerveux partant de cet espace intramural est en faveur de l'interprétation de Nielsen. Mais il nous apparaît plutôt que cet espace intramural est un organe annexe de la fosse de Bridge sans être homologue à celle-ci.

La description de ce moule interne endocranien fera l'objet d'une étude ultérieure détaillée.

(*) Séance du 8 juillet 1957.
(1) *Paleozoologica groenlandica*, 1, 1942, p. 280-381.
(2) *Kung. Svenska Vetenskapsakad. Handl.*, 4e série, 2, n° 6, 1952, p. 70-93.
(3) *Ann. Rep. Iowa geol. Survey*, 25, 1939, p. 494.
(4) *Iowa geol. Survey*, 18, 1908, p. 267.
(5) *Trans. Roy. Soc. London*, série B, 233, n° 601, p. 287-345.
(6) *Trans. Roy. Soc. Edinburgh*, 42, 1re partie, p. 53-83.

PALÉONTOLOGIE. — *Les Stégocéphales sahariens.*

Note (*) de M. **Jean-Pierre Lehman**, présentée par M. Jean Piveteau.

Des Stégocéphales de la superfamille des Capitosauroidea ont été découverts dans la série de Zerzaïtine aux environs de Fort Polignac. Leur présence permet d'affirmer l'existence du Trias dans le Sahara central.

Antérieurement à cette Note on n'avait jamais décrit aucun Stégocéphale provenant du Sahara. Des matériaux collectés par MM. Chavan et Claracq d'une part et par M. Zawadinsky d'autre part aux environs de Fort Polignac près de la frontière libyenne permettent de combler cette lacune. Les fragments recueillis n'ont pas dû évidemment appartenir à un même individu. Il s'agit de Labyrinthodontes, car : 1° les dents disposées en rangées ont une structure particulière à dentine méandriforme; les dents sont le plus souvent séparées par des cupules creuses dans lesquelles se seraient développées les futures dents de remplacement si l'animal avait vécu; il y a de plus sur un spécimen deux énormes canines incomplètes; 2° l'ornementation des os dermiques rappelle celle de *Cyclotosaurus* et de *Mastodonsaurus*; 3° parmi les pièces osseuses, on observe : *a.* un intercentre en croissant; *b.* un fragment de maxillaire accolé à l'avant d'un palatin et délimitant vers l'extérieur la narine interne; *c.* l'avant d'une mandibule avec plateau symphysaire élargi portant une grande cupule près de son bord interne; *d.* un ptérygoïde à *conical recess* et *lamina ascendens*.

Certains caractères permettent de plus de préciser que les Stégocéphales de la série de Zerzaïtine ont dû appartenir à la superfamille des Capitosauroidea (du sous-ordre des Stereospondyli) : 1° l'ornementation des os dermiques est très développée; les os sont très épais; 2° les fragments osseux sont de grande dimension : d'après ceux-ci, on peut admettre qu'un des crânes devait atteindre ou dépasser 1 m de longueur (gigantisme); 3° le contact du parasphénoïde et du ptérygoïde devait être long; 4° la fenêtre interptérygoïdienne devait être grande; 5° il y a une rangée de petites dents nombreuses sur le palatin à l'arrière des deux canines (au contraire de chez les Trématosaures); 6° le *conical recess* du ptérygoïde est situé entièrement dans le ptérygoïde, disposition observable seulement chez les Stéréospondyles et les Trématosaures [*cf.* Romer (1)].

Le palatin est beaucoup trop étroit pour qu'on puisse avoir affaire à un Brachyopoidea; la tête est trop allongée pour qu'il s'agisse d'un Rhinesuchoidea. Bien que les pièces collectées rappellent beaucoup *Mastodonsaurus*, le matériel est toutefois insuffisant pour permettre une diagnose plus précise.

La présence de Capitosauroidea dans la série de Zerzaïtine permet d'affirmer l'existence du Trias dans cette série. C'est la première fois que le Trias, connu déjà beaucoup plus au Nord dans le Sud Tunisien (2) et le Nord de la Tripolitaine, est mis en évidence dans le Sahara central.

(*) Séance du 8 juillet 1957.

(1) *Bull. Mus. Compar. Zool.*, Harvard, 99, n° 1, 1947, p. 39.

(2) 19e *Congrès Géol. Internat. Tunis*, 1952; *Monog. Région.*, 2e série, Tunisie, n° 7, p. 13.

PALÉONTOLOGIE. — *Contribution à l'étude paléontologique des Ocypodoida, Beurlen.* Note (*) de M. **Luis Via**, présentée par M. Jean Piveteau.

Grâce à des travaux récents la super-famille *Ocypodoida* est connue depuis le Crétacé américain et l'Eocène eurafrivain. Elle comprend trois familles, dont deux fossiles, caractérisées par l'écologie des espèces, adaptée à la vie en mer profonde ou littorale.

A. Les *Ocypodidés* sont des crabes fouisseurs vivant sur le littoral et les estuaires où ils creusent des terriers sur les grèves sableuses ou vaseuses. Ils se nourrissent de plancton, après avoir tamisé l'eau à l'aide de leur appareil buccal ([1]). Habitant généralement dans les régions tropicales indo-pacifiques, on les rencontre aussi ([2]), ([3]), ([4]) en Amérique (genre *Ocypoda* avec 32 espèces et genre *Uca* avec 3 espèces), dans les côtes atlantiques de l'Afrique (*Ocypoda* : 3 espèces; *Uca* : 1 espèce) et en Méditerranée (*Ocypoda cursor*, *Uca tangeri*).

Ils ont été divisés en trois sous-familles dont deux ont des représentants fossiles :

I. *Ocypodinés* Miers, avec 3 genres : *a. Goniocypoda* Woodward, du Néocomien à l'Éocène (Angleterre, Sénégal, Hongrie, Égypte, Pakistan); *b. Sandomingia* Rathbun, de l'Oligocène (Haïti); *c. Uca* Leach, à partir du Pliocène (Californie, Panama, Indes occidentales).

II. *Macrophtalminés* Dana, avec 5 genres : *a. Psammograpsus* A. Milne-Edw., de l'Auversien (France); *b. Lorentheya* Beurlen, de l'Éocène moyen (Hongrie); *Macrophtalmus* Latreille, depuis l'Helvétien (Hongrie, Italie, France, Autriche, Algérie, région indo-pacifique, Australie); *d. Cyphoplax* Haime, du Miocène au Pliocène (Baléares, Italie); *e. Hemiplax* Heller, depuis le Pleistocène (Australie).

III. *Scopimérinés* Kemp : pas de représentants fossiles.

B. Les *Rétroplumidés* groupent des formes actuelles vivant sur des fonds assez profonds. Un seul genre y a été décrit : *Retropluma* Gill, qui comprend 4 espèces toutes localisées dans les régions indo-pacifiques.

Reprenant les travaux de Miss Rathbun sur le genre *Archæopus* ([5]), Beurlen souligna l'originalité des *Rétroplumidés* auxquels il rattacha ce genre. D'autre part, ayant remarqué l'existence de traits communs entre le genre *Archæopus* et les deux genres d'*Ocypodidés* : *Goniocypoda* et *Lorentheya*, il proposa de grouper les deux familles précitées dans une super-famille : *Ocypodoida*, comprenant des formes littorales et des formes de mer profonde ([6]), ([7]).

Au cours de la révision des Décapodes fossiles de l'Espagne j'ai pu étendre nos connaissances sur les *Rétroplumidés* : le genre *Retropluma* est connu en Espagne par *E. eocenica* des marnes lutétiennes de Vilada (prov.

de Barcelone) et en Italie par l'identification de *R.* (*Goneplax*) *craverii* Crema du Plaisancien du Piémont ([8]).

Le genre *Retrocypoda* a été créé avec sa forme génotypique *R. almelœ*, défini sur 50 échantillons et il réunit les caractères propres aux deux familles des *Ocypodidés* et *Rétroplumidés*. Toutefois, il a été placé dans la première et dans la sous-famille des *Macrophtalminés* à laquelle il appartient par de nombreux traits (contour de la carapace; forme du front, des chelipèdes; développement des orbites, etc.). Toutefois, il se rapproche des *Rétroplumidés* par son cadre buccal trapézoïdal, ses maxillipèdes étroits, ses deux carènes transversales sur le dos et la réduction des P_5.

Enfin, il apparaît que le genre *Ophtalmoplax* Rathbun du Crétacé supérieur américain fait, lui aussi, partie des *Rétroplumidés* et non des *Portunidés* ([8]). C'est ainsi que la famille des *Rétroplumidés* qui ne comprenait que des formes actuelles est maintenant représentée par 3 genres, dont deux fossiles : *Retropluma*, actuel et du Lutétien d'Espagne et du Plaisancien d'Italie; *Archæopus*, du Crétacé supérieur d'Amérique du Nord et *Ophtalmoplax*, du Crétacé supérieur d'Amérique du Nord et du Brésil ([10]).

Conclusions. — 1. Les *Rétroplumidés* ont une origine américaine et ils sont connus depuis le Crétacé. Leur migration coïncide avec une adaptation à un régime marin profond.

2. Bien que rangé parmi les *Ocypodidés*, *Retrocypoda almelæ* doit être considérée comme une forme originale à caractères synthétiques.

3. *Retrocypoda*, *Psammograpsus* et *Lorentheya* de l'Éocène européen représentent l'évolution des *Rétroplumidés* vers la forme d'*Ocypodidé* (*Macrophtalminés*) durant leur migration vers l'Europe.

4. La sous-famille des *Ocypodinés* a une origine euro-africaine, durant le Crétacé.

5. La création d'une super-famille *Ocypodoida*, proposée par Beurlen, est donc pleinement justifiée.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) TAKAHASI, S., *Annot. Zool. Jap.*, 15, n° 1, Tokio 1935, p. 81.

(2) M. RATHBUN, *Smiths. Inst. U. S. Nat. Mus. Bull.*, 97, Washington, 1917, *Ocypodidæ*

(3) TH. MONOD, *Mem. Inst. Franc. d'Afrique Noire*, 45, Ifan-Dakar, 1956, p. 390.

(4) E.-L. BOUVIER, *Faune de France*, 37, Paris, 1940, p. 280-285.

(5) M. RATHBUN, *Proc. U. S. Nat. Mus.*, 35, Washington, 1908, p. 346.

(6) LORENTHEY-BEURLEN, *Geol. Hung.*, *sér. pal.*, 3, Budapest, 1929, p. 340-348.

(7) K. BEURLEN, *Fortsch. d. Geol. u. Pal.*, Bd. 8, 26, Berlin, 1930, p. 350-403.

(8) C. CREMA, *Atti R. Ac. Sci. Torino*, 30, Torino, 1895, p. 675

(9) M. RATHBUN, *Geol. Soc. Amer.*, *Spec.* Pap., 2, New-York, 1935, p. 52.

(10) C. J. MAURY, *Serv Geol. e min. Brasil*, *Monographia*, 8, Rio-de-Janeiro, 1930, 110.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Comparaison entre les conditions de façonnement des lits fluviaux en zone tempérée et en zone intertropicale.* Note (*) de M. **Jean Tricart**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Il est classique d'opposer les profils longitudinaux des rivières tempérées, relativement réguliers, et ceux des rivières de la zone intertropicale humide, coupés de rapides alternant avec des biefs en faible pente, caractères qui persistent malgré une longue évolution. On explique généralement ces différences par l'insuffisance de la charge solide des rivières tropicales. En fait, le problème est plus complexe et mérite un examen plus systématique. Deux facteurs principaux interviennent :

1° *La différence dans le calibre de la charge solide.* — En zone tropicale humide, l'intense altération aboutit à la formation de sols épais et argileux. Sur les roches cristallines, les latosols peuvent atteindre une épaisseur de plusieurs décamètres. Les analyses granulométriques de profils montrent une proportion croissante de grains de quartz du haut vers le bas, leur disparition étant presque complète aux horizons supérieurs par attaque chimique. Ceux qui restent sont profondément corrodés et fragiles. Sous forêt, l'ablation superficielle par ruissellement diffus est faible et seuls sont affectés les horizons supérieurs, argilolimoneux. Les cours d'eau ne reçoivent que des matériaux transportables en suspension. En savane, où l'altération est moindre du fait de la saison sèche et où les sols sont plus minces, le façonnement des versants apporte des grains de sable aux rivières, mais en faible quantité. Ce n'est qu'en milieu semi-aride (Nord-Est du Brésil), que le ruissellement diffus peut concentrer et transporter, à la surface de sols squelettiques, des fragments de quartz provenant des filons.

Même au pied de pentes très raides, si la couverture végétale naturelle est conservée, les alluvions sont essentiellement limoneuses en zone forestière et sablo-limoneuses en savane. Ce matériel est peu apte à réduire les irrégularités du profil longitudinal car, dès que le courant s'accélère, il entre en saltation ou même en suspension. En forêt, l'abrasion est négligeable. En savane, elle s'exerce surtout à l'entrée amont des rapides, là où le courant n'est pas encore assez fort pour entraîner le sable en suspension, ou à la surface des écueils les plus saillants dans le lit, sur lesquels la tranche d'eau est plus mince. A l'entrée amont des rapides, les tourbillons excavent des marmites. En milieu favorable (roche cohérente, mais d'abrasion facile), ces marmites s'élargissent considérablement (diamètres atteignant 3 et 4 m dans des grès) et prennent une forme en jarre, avec un étranglement à leur orifice. La faible masse des grains de sable en rend compte : ils continuent d'être entraînés, même lorsque la marmite est très large,

mais en sortent aisément, ce qui diminue l'abrasion près de l'orifice, cela ne joue pas dans le cas des marmites façonnées, en zone tempérée, par les galets. Ces marmites se rejoignent à la longue par leurs flancs, isolant des ponts qui finissent par se rompre. Ainsi se forment des canyons incisant les barres rocheuses des rapides. L'évolution est très lente.

La charge solide des cours d'eau est commandée par la couverture végétale, beaucoup plus que par la pente des versants. Que la forêt soit détruite par une oscillation climatique ou par l'Homme et les sols s'érodent. Les horizons inférieurs, riches en sable, voire en fragments de quartz filonien, sont attaqués et fournissent une charge solide importante aux cours d'eau.

L'abrasion s'accentue alors sur les rapides et des nappes alluviales se déposent dans les biefs en faible pente. Cette évolution s'est produite en Côte d'Ivoire forestière à plusieurs reprises au cours du quaternaire. Elle a lieu de nos jours au Brésil atlantique du fait de l'Homme. En savane, les mêmes facteurs aboutissent à accroître la charge sableuse et à faire apparaître des graviers, voire des galets. Ils sont exclusivement composés des éléments les plus résistants à l'altération chimique : roches siliceuses, concrétions ferrugineuses. A Sotuba, près de Bamako, les rapides du Niger ont été fossilisés sous une nappe de pierraille provenant des plateaux gréseux. Elle a rempli les marmites et s'est consolidée en un conglomérat qui est lentement érodé depuis le retour récent à un climat humide. Lors des phases sèches — ou des périodes de morphogénèse anthropique intense —, il y a donc tendance à une atténuation des irrégularités du profil longitudinal des rivières tropicales. Lors des phases humides, il y a au contraire accentuation des rapides du fait de la carence de l'abrasion et du jeu des phénomènes d'altération.

2° *La différence dans les processus d'altération de la roche en place du lit.* — En zone intertropicale, les influences lithologiques jouent sous la forme de la plus ou moins grande facilité d'altération des roches, commandée non seulement par leur nature chimique, mais, peut-être plus encore, par leur texture (densité des diaclases permettant la pénétration de l'eau, donc l'altération). Là où l'altération est facile, se forment des bassins qui s'élargissent généralement en alvéoles du fait de la quasi-stabilité verticale du thalweg. La roche saine n'apparaît pas dans le lit des rivières qui coulent sur des limons d'altération recouverts de dépôts fins de décantation mis en place lors des inondations. Le profil longitudinal peut s'abaisser jusqu'à des valeurs très basses : celles qui permettent tout juste l'écoulement de l'eau, la charge colloïdale n'intervenant pas pour imposer une pente-limite plus élevée, à la différence de ce qui passe avec les alluvions sableuses ou caillouteuses de la zone tempérée ou sahélienne. Par contre, les zones de roche résistant à l'altération sont mises à nu dans le lit et l'eau

se déverse par dessus elles en rapides qu'elle entaille dans les conditions très difficiles que nous avons vues. Très souvent, la résistance de ces roches est encore accrue du fait de leur situation dans le lit de la rivière. Les eaux précipitent à leur surface des oxydes de fer et de manganèse qui les enduisent peu à peu d'une véritable cuirasse d'une exceptionnelle résistance, tant vis-à-vis des processus mécaniques que chimiques. Cette induration est maxima dans la zone soumise à des alternances saisonnières de submersion et d'émersion. Elle affecte même les parois de marmites. Les débris de cette croûte, libérés par exemple lors de l'effondrement de ponts entre marmites coalescentes, donnent souvent les seuls galets observables. Une cimentation en grès ferrugineux durs se produit parfois aussi dans les formations meubles du fond du lit, comme celle des débris fossilisant les marmites de Sotuba. Elle contribue à entraver, comme le cuirassement de la roche en place, l'incision du lit.

En zone tempérée, au contraire, les affleurements rocheux du lit mineur émergent souvent en hiver, du fait de la baisse des eaux provoquée par le froid. Ils sont alors exposés à la gélivation qui les attaque intensément. Dans le lit de la Rench en Forêt Noire, des traces d'éclatement par gélivation s'observent sur de nombreux blocs de granite. A Patornay (Jura) les calcaires du lit de l'Ain montrent une désagrégation intense par le gel à la partie supérieure des roches, qui décroît vers le bas, au fur et à mesure que la submersion se maintient plus régulièrement en période de gel.

La persistance des rapides dans les rivières intertropicales, d'autant plus grande que le climat est plus humide, résulte donc, non seulement de la carence de l'abrasion par les alluvions trop fines, mais aussi du fait qu'à l'inverse de la zone tempérée, la roche en place est indurée par les phénomènes d'altération au lieu d'être fragmentée par eux. Sous nos latitudes, la conservation de ruptures de pente anciennes s'explique en grande partie par le fait que ce n'est qu'au Quaternaire que le gel a commencé de réduire les bancs de rochers formant rapides dans les rivières. Il n'en reste pas moins que l'on doit être très prudent dans les reconstructions cycliques, puisque la plupart des brisures du profil longitudinal sur lesquelles elles s'appuient remontent aux périodes de climat chaud du Tertiaire. Or, sous ce type de climats, ce sont essentiellement les contrastes lithologiques et non les variations du niveau de base, du reste hypothétiques, qui les engendrent.

(*) Séance du 8 juillet 1957.

(*Institut de Géographie de l'Université de Strasbourg.*)

SÉDIMENTOLOGIE. — *Granulométrie des sédiments carottés en Loire.* Note (*) de M. **Léopold Berthois**, présentée par M. Pierre Pruvost.

L'étude granulométrique des sédiments carottés dans les régions de Donges-Saint-Nazaire et Belle-Ile (amont de Paimbœuf) met en évidence des disparités importantes de la sédimentation dans les deux zones explorées.

Après une série d'essais de carottages en Loire en 1955, une campagne a été entreprise en 1956.

30 carottages ont été exécutés à l'aide d'un carottier Kullenberg de 5 m (1). Les longueurs des carottes obtenues varient de 0,66 à 4,13 m, parmi lesquelles 10 carottes ont dépassé 3 m de longueur.

Deux zones ont été plus particulièrement étudiées :

1° La région de Donges-Saint-Nazaire (16 carottages);

2° La région de Belle-Ile située à 18 km en amont de Paimbœuf (9 carottages).

Des observations variées ont été faites sur les échantillons recueillis, mais je ne m'occuperai ici que de la granulométrie.

Les sédiments ont été groupés en cinq types principaux dont les limites granulométriques sont les suivantes :

Vases : Ce sont des sédiments hétérogènes. Les résultats de nombreuses analyses montrent que la proportion des éléments $< 60\ \mu$ varie, en moyenne de 68 à 86 % mais, dans certains échantillons, cette teneur en éléments fins est inférieure à 50 %. Les grains de la fraction grossière peuvent atteindre, ou parfois dépasser, 1 mm de diamètre.

Sables fins : diamètre des grains compris entre 50 et 60.

Sables moyens : de 300 μ à 2 mm. *Sables grossiers :* de 1 à 4 mm.

Graviers : 4 à 23 mm.

Les galets (> 23 mm) sont extrêmement rares dans les deux régions étudiées; leurs conditions de gisement les rendent suspects de délestages. Leurs pourcentages sont insignifiants. Ils seront négligés.

La sédimentation est très complexe, tous les types granulométriques définis précédemment peuvent se rencontrer avec des développements variables dans une même carotte et présenter plusieurs réitérations successives sans ordre apparent. Cependant, j'ai souvent observé de bas en haut la succession suivante : sable grossier, sable moyen, sable fin, vase micacée, puis vase fine compacte. A la vase succède, presque toujours, du sable très grossier. Tout se passe comme si la vase constituait, sur le fond, un obstacle sur lequel le sable ne peut transiter.

J'ai inventorié dans chaque carotte les différents types sédimentaires. Les moyennes de ces résultats sont indiqués dans le tableau suivant :

	Vase.	Pourcentages moyens. Sable fin et moyen.	Sable grossier et graviers.
a. Région Donges-Saint-Nazaire :			
Dans le chenal de navigation	41,7	47,5	10,8
Hors du chenal de navigation	41,2	48,8	10,0
b. Région de Belle-Ile :			
Dans le chenal de navigation	58,2	23,9	17,9
Hors du chenal de navigation	30,8	42,2	27,0

Les résultats de ce tableau montrent que :

1° Dans la région de Donges Saint-Nazaire la répartition des sédiments dans le chenal et hors du chenal n'est pas affectée par les dragages exécutés dans le chenal;

2° Dans la région de Belle-Ile la quantité de vase est beaucoup plus importante dans le chenal qu'en dehors de celui-ci. Cette abondance des sédiments fins dans les fonds les plus importants (chenal) est due :

a. aux fortes teneurs en suspension des eaux dans cette zone qui est voisine de la région de turbidité maximum en période normale (2);

b. à la courbe prononcée du chenal qui crée des perturbations dans le régime d'écoulement du fleuve;

3° Mais l'importance des écarts des pourcentages de vases dans le chenal et hors du chenal (environ 50 %) montre que les sédiments fins ne se déposent pas seulement pendant l'étale de haute mer où les zones hors chenal sont recouvertes, mais aussi pendant l'étale de basse mer pendant lesquelles elles sont exondées.

4° L'écart des pourcentages de graviers et sables grossiers entre les régions de Belle-Ile et de Donges-Saint-Nazaire montre qu'au moins la moitié des sables grossiers et des graviers se déposent entre Belle Ile et Donges.

(*) Séance du 8 juillet 1957.

(1) B. Kullenberg, Deep Sea Coring. *Rep. Swedish Deep-Sea Exp.*, **4**, Bottom invest., n° 2, 1955.

(2) L. Berthois, *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 1343.

CARYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les nombres chromosomiques de* 150 *espèces d'Angiospermes d'Afrique tropicale.* Note (*) de Mme **Simone Mangenot**, M. **Georges Mangenot**, Mme **Geneviève Foutrel** et M. **Guy de la Mensbruge**, présentée par M. Raoul Combes.

Résultats les plus généraux de numérations chromosomiques portant sur 150 espèces sauvages (44 familles) d'Angiospermes appartenant à la flore tropicale africaine. Dans certaines des familles étudiées, aucun comptage n'avait eu lieu jusqu'à présent.

Les nombres chromosomiques n'ont été comptés que chez très peu d'espèces sauvages d'Angiospermes intertropicales; dans certaines familles tropicales, même, les chromosomes n'ont été dénombrés chez aucune des espèces qui les composent. L'Inde est, peut-être, la région la moins mal connue à cet égard, en raison de l'effort des chercheurs groupés autour de Mme Janaki Ammal; tandis que dans les flores très riches de l'Indonésie, de l'Afrique ou de l'Amérique intertropicales, les prospections caryologiques ont été, jusqu'à présent, exceptionnelles et limitées à quelques familles ([1]), ([2]). Nous avons donc entrepris d'assez larges comptages dans le domaine floristique d'Afrique occidentale : cette Note a pour but de présenter les résultats de numérations portant sur plus de 150 espèces d'Angiospermes, en majorité ligneuses, appartenant à 42 familles de Dicotylédones, ainsi qu'aux familles des Graminées et des Marantacées.

Les nombres comptés ($2n$) sont compris entre des minima de 14 (*Cleistopholis*) et 16 (*Enantia*, *Xylopia*) chez les Anonacées (ce dernier nombre déjà signalé par J. Miège chez un *Monodora*) et les *Balanites* (Simarubacées), de 18 chez les *Vernonia*, et des maxima de 150 chez *Bombax brevicuspe* Sprague, ou plus nombreux encore, incomptables, chez certaines Méliacées telles que *Guarea cedrata* Pellegr. et *Turræanthus africana* (Welw.) Pellegr. Mais le nombre 26 est le plus fréquent : on l'observe chez diverses Acanthacées, Bignoniacées, Combrétacées (*Combretum*), Connaracées, Euphorbiacées, Mimosées et Sapotacées; dans les genres *Albizzia*, *Newtonia*, *Pentaclethra*, *Piptadeniastrum*, *Pithecellobium*, *Tetrapleura*, chez les Mimosées, *Chrysophyllum*, *Entotricha*, *Omphalocarpum* chez les Sapotacées, toutes les espèces examinées présentent 26 chromosomes somatiques.

Les dimensions des chromosomes sont encore plus diverses dans le matériel observé que leurs nombres. Chez la plupart des espèces examinées, ils se présentent comme de petits bâtonnets et produisent des noyaux chromocentriques ou semi-réticulés. Cependant, chez *Turræanthus*, ils sont minuscules, au point que la plaque équatoriale ressemble à un très fin chondriome. Au contraire, les 20 chromosomes ($2n$) de *Notobuxus acuminata* Hutch. sont aussi longs, au moins, et plus épais, que ceux de l'*Allium* et forment des noyaux euréticulés.

Dans la plupart des genres, toutes les espèces sont pourvues du même nombre de chromosomes. Cette uniformité générique est particulièrement remarquable lorsqu'elle existe entre espèces adaptées à des conditions écologiques très différentes. Par exemple, chez les Mimosées, *Parkia biglobosa* Benth., espèce de forêts claires, et *Parkia bicolor* A. Chev., grand arbre des forêts denses les plus hygrophiles, présentent, l'une et l'autre, 24 chromosomes. De même, chez les Simarubacées, *Balanites ægyptiaca* (L.) Del., arbuste de régions sèches (sahélo-sahariennes) et *Balanites wilsoniana* Dawe et Sprague, arbre géant des forêts denses

(éburnéo-libériennes), sont dotés, l'un et l'autre, de 16 chromosomes somatiques. De même aussi, tous les *Vernonia* étudiés, herbes rudérales pantropicales (*V. cinerea* Less.) ou arbustes des forêts secondaires (*V. conferta* Benth. et *V. colorata* Drake) ou de certaines forêts denses (*V.* sp., nouvelle espèce non encore décrite), offrent des plaques équatoriales à 18 chromosomes.

Dans quelques genres, cependant, des phénomènes de polyploïdie sont manifestes. Chez les Césalpiniées, *Gilbertiodendron bilineatum* (Hutch. et Dalz.) J. Léon, avec 96 chromosomes, paraît octoploïde (8 × 12), alors que *Gilbertiodendron limba* (Scott Ell.) J. Léon., avec 24 chromosomes seulement, serait diploïde (2 × 12). Chez les Méliacées, *Entandophragma utile* Sprague, se présente, avec 72 chromosomes, comme un tétraploïde (4 × 18), tandis qu'*Entandophragma cylindricum* Sprague, avec 36 chromosomes, est vraisemblablement diploïde (2 × 18); dans la même famille (Méliacées), *Guarea cedrata* Pell., dont les chromosomes sont nombreux au point d'être incomptables, pourrait être un homologue supérieur de *Guarea thompsoni* Sprague et Hutch., à 72 chromosomes.

Des plaques syndiploïdes ont été observées chez diverses Mimosées (*Albizzia*, *Parkia*, *Piptadeniastrum*). Dans le genre *Entandophragma* (Méliacées), *E. angolense* C. DC. paraît intermédiaire entre les deux espèces précitées, du même genre (*E. cylindricum*, diploïde et *E. utile*, tétraploïde) : chez *E. angolense*, toutes les mitoses du méristème radiculaire se déroulent avec 36 chromosomes (2*n*), à l'exception de celles de l'assise superficielle du périblème, où les noyaux sont régulièrement syndiploïdes, avec 72 (4*n*) chromosomes.

Dans la famille des Hippocratéacées, chez laquelle aucun comptage n'avait eu lieu, deux groupes doivent être établis : dans les genres à fruits charnus, *Salacia* (7 espèces examinées) et *Salacighia* [*S. letestuana* (Pellegr.) Blakelock], toutes les mitoses somatiques présentent 28 chromosomes; mais les genres à méricarpe sec, *Hippocratea* (3 espèces examinées) et *Campylostemon* (1 espèce à déterminer), sont tétraploïdes, avec 56 chromosomes.

Chez quelques représentants de quatre autres familles (Connaracées, Olacacées, Octoknematacées, Scytopétalacées) caryologiquement inconnues, les chromosomes ont été comptés : on signalera, par exemple, qu'il en existe 72 chez *Okoubaka aubrevillei* Pellegr.

D'autres données intéressantes pour le systématicien ont été acquises dans diverses familles. Ainsi, *Decorcella paradoxa* A. Chev., séparé de l'ensemble du genre *Rinorea* (Violacées) en raison de la déhiscence précoce de son fruit, se distingue aussi par son équipement chromosomique (20 chromosomes chez *Decorcella*; 24, chez les *Rinorea*). D'autre part,

les *Phialodiscus*, récemment rattachés au genre *Blighia*, présentent le même nombre que ces derniers ($2n = 32$).

(*) Séance du 22 juillet 1957.

([1]) C. Favarger, *Bull. Soc. Bot. Suisse*, 62, 1952, p. 5.

([2]) J. Miege, *Rev. Cytol. et Biol. vég.*, 4, 1954, p. 312.

(*Biologie végétale, Faculté des Sciences, P. C. B., Paris.*)

ANATOMIE COMPARÉE. — *Évolution des vertèbres caudales chez les* Potamogalinæ (*Mammifères Insectivores* Tenrecidæ). Note (*) de M. **Hénri Heim de Balsac**, transmise par M. Maurice Caullery.

Les vertèbres caudales de *Potamogale velox* ne comportent pas de néoformation, mais accusent une évolution de formations osseuses partiellement involuées chez les Mammifères actuels. Ce fait montre qu'un processus d'évolution régressive n'est pas obligatoirement engagé dans une voie irréversible.

Nous avons déjà ([1]) attiré l'attention sur les divergences évolutives se manifestant chez les trois représentants connus des *Potamogalinæ*, en dépit de leur même genre de vie aquatique.

L'obtention de nouveaux matériaux nous permet de faire connaître aujourd'hui des faits anatomiques inédits dont l'interprétation pourrait modifier cette notion, très répandue chez les paléontologistes, d'*engagement* des processus évolutifs dans des directions irréversibles.

Comme le faisait connaître la Note antérieure, les *Potamogalinæ* comprennent, à la fois, une forme dépourvue de toute adaptation à la vie aquatique, *Micropotamogale lamottei* H. de B. (Mts. Nimba), et une forme hyperévoluée, dont la morphologie caudale représente un cas unique dans la classe des Mammifères : *Potamogale velox* du Chaillu.

La queue de ce dernier, peu étudiée jusqu'ici par les anatomistes, montre une série de particularités affectant le tégument, la musculature, les vertèbres, les appareils vasculaire et nerveux.

L'appendice caudal, transversalement comprimé, montre des carènes dorsale et ventrale, simples replis cutanés dont seule l'ampleur est remarquable.

Par contre, l'appareil musculaire est original : d'une part, l'hypertrophie de l'*ischio-caudalis* et du *gluteus maximus* dépasse proportionnellement les mesures connues chez les Mammifères et confère à la queue un diamètre dorso-ventral égal à celui du tronc; d'autre part, existent des muscles annulaires particuliers déjà signalés par H. Böker.

L'ossature vertébrale qui donne insertion à cet appareil musculaire montre des caractères spéciaux, dont l'interprétation fera l'objet principal de cette Note.

Le nombre des vertèbres caudales de *P. velox* est de 32 ou 34 (selon les individus), faisant suite à 3 vertèbres sacrées.

Au contraire, chez *Micropotamogale*, on ne compte que 24 caudales précédées de 4 sacrées. Ces différences s'opposent à une homologation précise des éléments vertébraux, mais ceci est secondaire.

L'originalité des vertèbres caudales de *P. velox* (pour les 18 proximales) réside dans leurs dimensions dorso-ventrale, transversale et longitudinale, par rapport à celles de *Micropotamogale*.

Alors qu'entre les deux espèces la différence de taille s'exprime par le rapport 1/2 des dimensions linéaires des os du tronc et de la tête, les vertèbres caudales fournissent des rapports différents : dimension dorso-ventrale 1/3, transversale 1/2,5, longitudinale 1/2,5 pour les proximales, 1/2 pour les distales.

Il existe donc chez *P. velox*, par rapport à *Micropotamogale*, une disharmonie de développement des caudales qui traduit une évolution hypertrophique.

Cette évolution porte essentiellement sur les différentes apophyses. Le maximum de développement s'observe au niveau de l'arc neural : tandis que l'apophyse épineuse s'efface, les lames vertébrales s'accroissent en hauteur et les apophyses articulaires en largeur. Un important canal neural se trouve ainsi circonscrit et un cylindre nerveux médullaire s'observe jusqu'à la sixième caudale pour le moins. Entre l'apophyse articulaire antérieure hypertrophiée, le corps vertébral et l'apophyse transverse elle-même élargie, se trouve creusée une profonde gouttière qui s'étend sur les trois quarts de la longueur de la queue.

Au-dessous des apophyses transverses existent des hémapophyses ou chevrons. De telles formations sont plus répandues chez les Insectivores actuels que ne l'indique la littérature et moins involuées que dans les autres ordres de placentaires. Il s'agit néanmoins d'intercentres plus ou moins vestigiaux aboutissant rarement à un arc hémal complet.

Le cas de *P. velox* est différent : 21 hémapophyses, de la troisième à la vingt-quatrième caudale, montrent un développement anormal avec processus latéraux, et circonscrivent un canal hémal qui abrite (dans la portion proximale au moins) des vaisseaux aussi larges que l'aorte lombaire [2].

Entre l'apophyse transverse et les processus hémaux se creuse une gouttière parallèle à la précédente et aussi développée qu'elle.

Un processus de développement aussi particulier ne comporte cependant pas de néoformations. Les parties osseuses, en l'espèce les apophyses articulaires transverses et hémales, se retrouvent chez *Micropotamogale*, *Oryzoryctes* et bien d'autres Mammifères, mais toujours à un état plus ou moins involué qui est le propre des Mammifères.

Comme on ne saurait envisager que la queue de *P. velox* représente le type initial de cet organe dans la classe des Mammifères, on est conduit à voir dans le cas présent un processus d'évolution progressive à partir d'éléments déjà affectés d'évolution régressive et non pas seulement un arrêt du processus d'involution [3].

(*) Séance du 22 juillet 1957.

[1] *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 2257.

[2] Les vertébres caudales des Cétacés montrent des analogies de convergence partielle avec celles de *P. velox*. Le processus évolutif pourrait être de même ordre.

[3] Nous avions déjà signalé (*Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 1997) des cas de ralentissement, voire de suspension, du processus involutif de certaines dents chez les *Soricidæ*.

CYTOLOGIE. — *Étude au microscope électronique de ganglions sympathiques de Mammifères*. Note (*) de M. **Jacques Taxi**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

Après plus de cinquante ans de recherches sur les ganglions sympathiques avec les seules ressources de la microscopie optique, trois conceptions principales de la synapse ganglionnaire, fondées surtout sur l'étude des Mammifères, se partagent encore la faveur des auteurs : l'interprétation réticulariste, celle de la plupart des neuronistes pour qui la synapse se réalise par contact direct entre les fibres préganglionnaires formant un appareil péricellulaire plus ou moins complexe et le soma neuronal, enfin la conception d'une synapse avec interposition de névroglie.

C'est dans l'espoir que le microscope électronique nous permettrait de trancher cette controverse que nous avons entrepris, à l'aide de ce nouveau moyen d'investigation, employé concurremment avec des méthodes classiques, l'étude de divers ganglions sympathiques du Rat et du Chat (en particulier du ganglion cervical supérieur), dont nous rapportons ici les premiers résultats.

Sur les coupes ultraminces, les neurones ganglionnaires sont aisément identifiables par leur grande taille, leur noyau clair et leur cytoplasme très chargé d'enclaves diverses, bien étudiées par S. L. Palay et G. E. Palade (1955) [1]. On retrouve, étroitement appliqués à la surface des neurones, de nombreux gliocytes (amphicytes, « Nebenzellen » de Stöhr). Le cytoplasme de cette névroglie périsomatique se présente sous deux aspects bien différents; il peut apparaître soit chargé d'enclaves osmiophiles (c'est généralement le cas au voisinage des noyaux), soit au contraire extrêmement pauvre en structures osmiophiles. Ce dernier aspect est le plus fréquent. De nouvelles recherches seront nécessaires pour établir si ces aspects correspondent respectivement à des catégories différentes de gliocytes décrites antérieurement à l'aide du microscope ordinaire. D'autre

part, le cytoplasme névroglique se montre souvent traversé d'un système de cavités aplaties, d'une largeur de l'ordre du dixième de micron, par lequel le milieu interstitiel du ganglion s'insinue jusqu'à des distances très faibles de la surface neuronale dans le cas des gliocytes périsomatiques.

C'est surtout à définir le type des connexions unissant les fibres nerveuses aux neurones que nous nous sommes attaché dans ces observations préliminaires. Chez les Batraciens (*Rana pipiens* et *R. catesbiana*), E. D. P. de Robertis et H. S. Bennett [1954 ([2]), 1955 ([3])], ont déjà envisagé ce problème. Ils ont pu notamment se convaincre de l'existence de synapses par contact direct. Nos observations sur *Rana esculenta* nous permettent de confirmer cette conclusion et d'apporter sur ce point quelques précisions complémentaires. La membrane synaptique, parfaitement continue, est formée de deux couches limitantes osmiophiles, présynaptique et postsynaptique, séparées par une zone claire. La largeur de cet espace clair paraît à peu près constante et égale à environ 130 Å. Les régions terminales des fibres présynaptiques sont chargées de vésicules ou granules osmiophiles, décrits simultanément par G. E. Palade et S. L. Palay (1954) ([4]) et E. D. P. de Robertis et H. S. Bennett (1954) ([2]). La taille de ces vésicules varie ici entre 250 et 600 Å.

Chez le Chat et le Rat, nous avons constaté que les neurones sont enveloppés d'une couche de cytoplasme interrompue seulement par les doubles membranes marquant les limites de cellules juxtaposées. Quelle est la nature de ce revêtement ? Dans le cas où le cytoplasme contient un noyau, son identification comme gliocyte est de ce fait établie. Le problème est plus délicat lorsque les plages cytoplasmiques ne comportent pas de noyau; mais deux faits nous ont permis néanmoins de conclure dans tous les cas à leur nature gliale : d'abord la similitude de leur structure avec celle des gliocytes identifiables par leur noyau; d'autre part, la présence à leur intérieur de nombreuses expansions cellulaires reliées à la membrane limitante par des « mésos » en tout point comparables aux « mesaxons » observés pour la première fois par H. S. Gasser (1952) ([5]), au niveau des fibres nerveuses amyéliniques. Ici aussi chaque « méso » est formé par l'accolement des deux membranes limitant l'invagination dont le fond est occupé par l'expansion cellulaire traversant le cytoplasme glial. Des nombreux prolongements cellulaires qui sont logés dans la couche gliale périsomatique, certains peuvent être interprétés comme très probablement nerveux grâce aux particularités suivantes : en premier lieu, ils sont rattachés par un « méso » plus ou moins long et flexueux à la surface du gliocyte engaînant. Ce critère ne saurait évidemment suffire, puisqu'on ne peut exclure *a priori* qu'une interpénétration de gliocytes ne puisse entraîner la formation de « mésos » analogues. D'autre part, ils peuvent contenir, en amas denses, des vésicules d'un type comparable aux vésicules

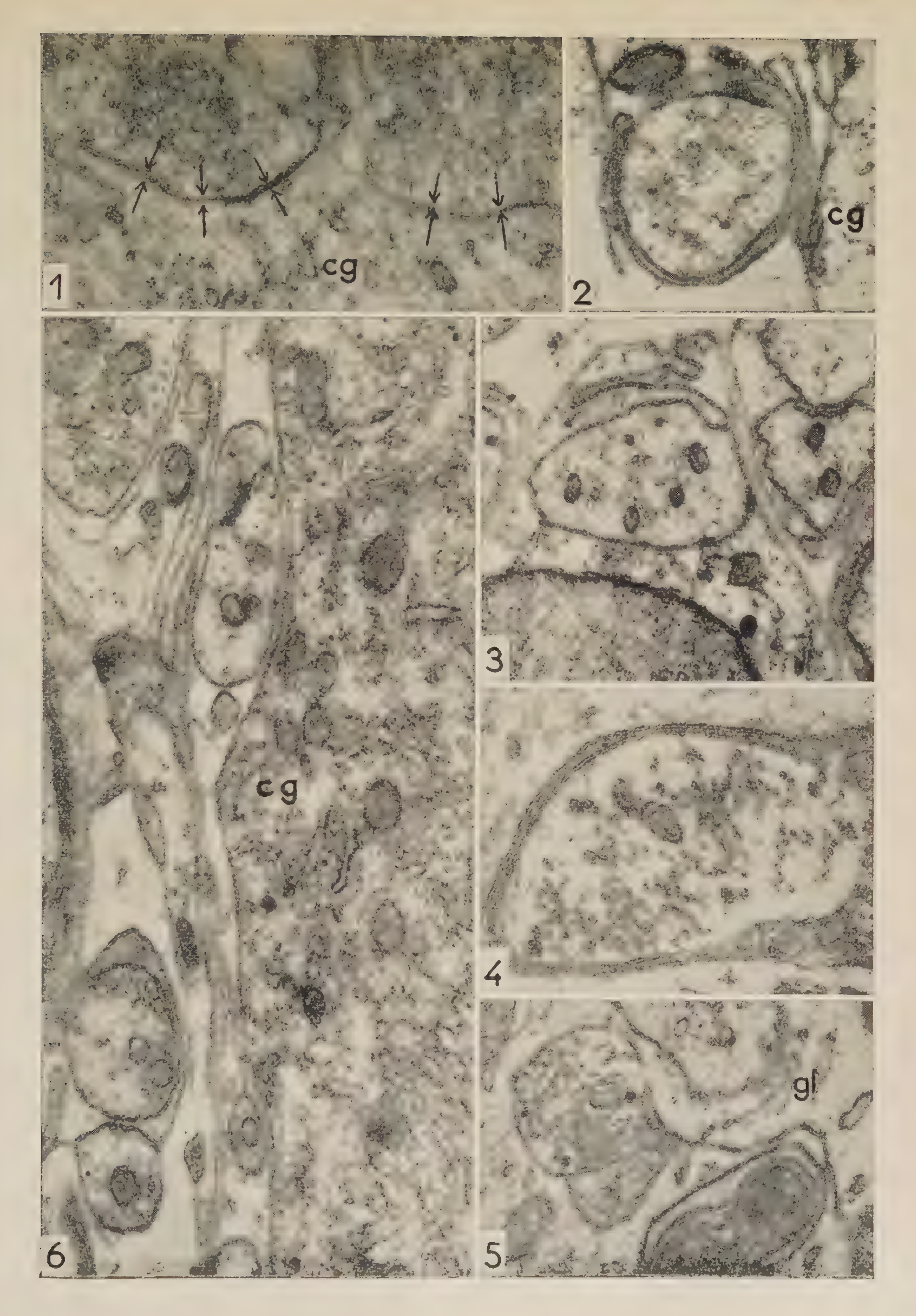
synaptiques dont nous avons parlé plus haut (*fig.* 2 et 4). Les coupes de gliocytes dûment identifiés par leur noyau n'en présente jamais, et il apparaît de ce fait probable qu'elles appartiennent en propre à certaines régions de l'axoplasme terminal. De tels prolongements ont pu être observés à des distances très faibles (souvent inférieures à 1/10° de micron) de la surface du neurone (*fig.* 6); leur « mésaxon » les relie soit à la surface libre du gliocyte, soit à celle qui s'applique contre le neurone (*fig.* 2). Nous n'avons en revanche jamais pu observer jusqu'à présent de contact direct de ces expansions nerveuses avec le neurone. L'existence de contacts directs entre fibres nerveuses et somas neuronaux apparaissant improbable, deux hypothèses restent à envisager, du moins en ce qui concerne le matériel étudié ici. La première est celle de l'interposition d'une mince couche de névroglie entre les terminaisons des fibres présynaptiques et les neurones ganglionnaires. Cette hypothèse paraît douteuse si l'on tient compte des résultats décrits plus haut chez la Grenouille et de toutes les autres observations qui ont été faites jusqu'à présent à l'aide du microscope électronique sur des synapses interneuronales. L'autre hypothèse qu'on est alors amené à envisager, c'est que, dans le cas des ganglions de Mammifères étudiés ici, la synapse siège principalement au niveau des dendrites. Il est possible que des aspects comme celui de la figure 5 correspondent au contact direct d'un fin prolongement dendritique avec une terminaison nerveuse chargée de vésicules synaptiques.

Pour conclure, rappelons d'abord que, chez les Mammifères comme chez les Batraciens, les observations faites au microscope électronique ruinent définitivement toute interprétation réticulariste de la structure du système nerveux autonome, dont tous les éléments sont bien limités par des membranes osmiophiles. D'autre part, l'étude comparée montre que la morphologie générale des connexions entre fibres nerveuses et neurones diffère notablement chez les Batraciens et chez les Mammifères. Enfin, contrairement à ce qu'on observe dans les ganglions sympathiques de la Grenouille où il est aisé de montrer l'existence de connexions directes entre les fibres nerveuses et la surface du soma neuronal sous la forme d'une apposition des membranes limitant les deux éléments de la synapse, dans les ganglions sympathiques du Chat et du Rat, un revêtement névroglique continu ne laisse aucune place à un affrontement direct et suggère l'hypothèse que la synapse siège principalement au niveau des dendrites.

EXPLICATION DE LA PLANCHE.

Pièces fixées au tétroxyde d'osmium à 1 % tamponné selon Palade (pH 7,4).
Observations au microscope électronique R. C. A. E. M. U. 3B.
Légendes : c. g., cellule ganglionnaire; gl, gliocyte.

Fig. 1. — Ganglion sympathique abdominal (Grenouille). La coupe passe par deux terminaisons nerveuses entrant directement en contact avec la surface d'un neurone. Les flèches encadrent les membranes


1
cg
2
cg
3
4
5
gl
6
cg

présynaptique et postsynaptique au niveau de leur apposition. De nombreuses vésicules sont visibles dans les terminaisons nerveuses. (× 25 500.)

Fig. 2. — Ganglion cervical supérieur (Rat). Au sein d'un gliocyte, fibre nerveuse remplie de vésicules au voisinage de la surface d'un neurone, mais sans rapport avec elle. « Mesaxons » reliant la fibre aux membranes externe et interne du gliocyte. (× 27 000.)

Fig. 3. — Ganglion cervical supérieur (Rat). Fibre amyélinique simple attachée par un long « mesaxon » à la surface du gliocyte engaînant. (× 31 000.)

Fig. 4. — Ganglion cervical supérieur (Rat). Fibre nerveuse chargée de vésicules. (× 38 000.)

Fig. 5. — Ganglion cervical supérieur (Rat). Fibre nerveuse chargée de vésicules accolée à un fin prolongement, qui pourrait être dendritique. (× 27 000.)

Fig. 6. — Ganglion cervical supérieur (Rat). Dans la mince couche gliale qui borde le neurone, vers le bas de la figure, fin prolongement séparé du neurone par une épaisseur de glie d'environ un vingtième de micron. Le « mesaxon » émet une très courte branche latérale vers la surface du gliocyte appliquée contre le neurone. Vers le haut de la figure, toujours dans la même couche gliale, et à la même distance du neurone, deux éléments de nature indéterminée, étroitement accolés et liés aux mêmes « mesaxons ». (× 30 000.)

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) *J. Biophys. Bioch. Cyt.*, 1, 1955, p. 69-88.

(2) *Fed. Proc.*, 13, 1954, p. 35.

(3) *J. Biophys. Bioch. Cyt.*, 1, 1955, p. 47-56.

(4) *Anat. Rec.*, 118, 1954, p. 335.

(5) *Cold. Spring Harb. Symp. Quant. Biol.*, 17, 1952, p. 32-36.

(*Laboratoire de Biologie Animale [P. C. B.], Faculté des Sciences, Paris, et Laboratoire de microscopie électronique appliquée à la Biologie, C. N. R. S., Paris.*)

PHYSIOLOGIE. — *Nouveaux caractères de la protection exercée par l'acide ascorbique contre la carence* B_1. Note (*) de Mlle **Thérèse Terroine** (1), présentée par M. Maurice Lemoigne.

L'acide ascorbique réduit considérablement la créatinurie de carence B_1 chez le Rat; il abaisse faiblement l'hypercréatininurie du jeune mais est sans effet sur celle de l'adulte carencé. Le bleu de méthylène, la thionine, l'acide succinique, le $ClNH_4$ n'ont aucune activité vicariante en carence B_1. Cette activité est exercée par l'acide isoascorbique avec la même intensité que par l'acide ascorbique.

S'ajoutant à ceux antérieurement mis en évidence (2), deux nouveaux caractères du rôle vicariant de l'acide ascorbique en avitaminose B_1 vont être analysés successivement.

1. *Inhibition partielle des hypercréatinurie et créatininurie de carence* B_1 *par l'acide ascorbique.* — Des rats mâles albinos, soit jeunes pesant initialement 60 g, soit adultes, sont divisés en quatre lots soumis respectivement à l'un des régimes suivants dont la composition a été déjà donnée (2) : régime de carence ordinaire en B_1, le régime précédent additionné de 3 % d'acide ascorbique, régime témoin *complet* donné en *quantité restreinte* égale à celle ingérée par le lot carencé en B_1 non supplémenté d'acide ascorbique; régime témoin donné *ad libitum.*

Après 35 jours de traitement les déterminations urinaires des corps créatiniques sont effectuées par la méthode de Folin. De l'ensemble de nos résultats, dont l'essentiel apparaît dans le tableau suivant, il ressort que :

Nature des régimes.	Poids des animaux.	Ingéré (g par j).	Créatine urinaire (mg/100 g/24 h).	Créatinine urinaire (mg/100 g/24 h).
		1° *Rats jeunes.*		
Régime témoin *ad libitum*...	193 (150–224)	18	0,77 (0,57–1,09)	4,97 (4,56–5,65)
Régime témoin *restreint*...	107 (87–126)	5	1,75 (0,89–3,34)	4,70 (3,54–5,61)
Régime carencé en B_1......	94 (88–104)	5	7,21 (4,02–9,76)	8,38 (7,08–10,0)
Régime carencé en B_1 + 3 % d'acide ascorbique.......	160 (136–188)	14	1,61 (1,19–2,03)	6,63 (5,33–8,84)
		2° *Rats adultes.*		
Régime témoin *ad libitum*...	288 (267–301)	18	0,64 (0,55–0,71)	5,40 (5,41–5,86)
Régime témoin *restreint*...	223 (218–228)		0,50 (0,25–0,78)	5,53 (4,78–5,93)
Régime carencé en B_1......	197 (189–207)	5 5	3,54 (2,02–5,66)	7,14 (6,20–8,48)
Régime carencé en B_1 + 3 % d'acide ascorbique.......	269 (252–277)	17	1,04 (0,97–1,13)	6,88 (6,62–7,27)

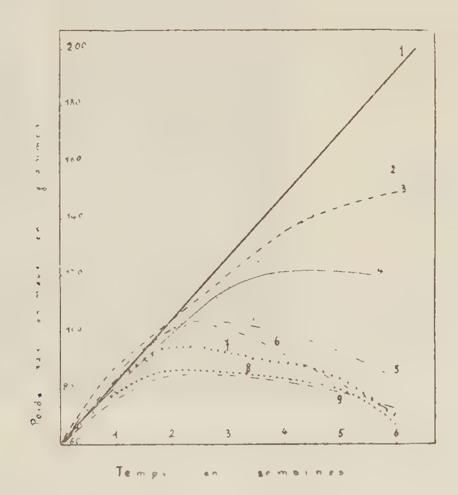
1° L'acide ascorbique inhibe énergiquement, sans l'enrayer totalement, la très forte créatinurie du Rat jeune ou adulte en carence B_1. Cette hypercréatinurie est bien caractéristique, sinon spécifique, de l'avitaminose B_1, car nous avons pris soin de l'enregistrer six jours au moins avant la mort; elle ne peut donc être imputée au trouble du métabolisme azoté s'observant dans la phase immédiatement prémortelle. Les animaux ne présentent, en outre, durant les déterminations, aucun des symptômes nerveux caractéristiques de la phase ultime de la carence B_1;

2° L'abaissement considérable de la créatinurie de carence B_1 par l'acide ascorbique a lieu bien que l'épuisement en vitamine B_1 du foie et du muscle soit identique ou légèrement inférieur à celui observé chez les animaux carencés non supplémentés (*voir* tableau).

3° L'acide ascorbique est, en revanche, peu apte chez le Rat jeune et totalement inapte chez le Rat adulte à réduire l'hypercréatininurie de carence B_1.

Nature des régimes.	Concentration en vitamine B_1 (μg/g frais). Foie. Rats jeunes.	Foie. Rats adultes.	Muscle. Rats jeunes.
Régime témoin *restreint*...	9,18	8,1	2,1
	(7,5 -10,05)	(7,2 -12,9)	(1,4-2,5)
Régime carencé en B_1.....	0,73	0,50	0,6
	(0,25- 1,32)	(0,19-0,87)	(0,5-0,9)
Régime carencé en B_1 + 3 % d'acide ascorbique......	0,39	1,10	0,6
	(0,20- 1,0)	(0,49- 1,6)	(0,4-0,9)

2. *Recherche des causes du rôle vicariant de l'acide ascorbique en carence* B_1. — L'influence favorable de l'acide ascorbique est-elle due à la valeur de son rH ($E'_0 = 0,058$ à pH 7) ? à sa fonction acide ? à l'intégrité de constitution de sa molécule toute entière ? Pour examiner la valeur de ces hypothèses nous avons recherché si cette influence favorable est ou non partagée : 1° avec des agents d'oxydo-réduction ayant un rH voisin de celui de l'acide ascorbique tel la thionine ($E'_0 = 0,062$) ou le bleu de méthylène ($E'_0 = 0,011$); 2° avec des acides tel l'acide succinique ou des générateurs d'acide comme $ClNH_4$; 3° avec un isomère de l'acide ascorbique, l'acide isoascorbique.



Évolution pondérale comparée de rats recevant :

1. un régime normal *ad libitum*;
2. un régime carencé en B_1 et supplémenté de 3 % d'acide ascorbique;
3. un régime carencé en B_1 et supplémenté de 3 % d'acide isoascorbique;
4. un régime *normal limité*;
5. un régime carencé en B_1;
6. un régime carencé en B_1 et supplémenté avec 3 % d'acide succinique;
7. régime carencé en B_1 et supplémenté avec 0,1 % $ClNH_4$;
8. régime carencé en B_1 et supplémenté avec 0,09 % de thionine;
9. régime carencé en B_1 et supplémenté avec 0,12 % de bleu de méthylène.

Les conséquences de l'administration de chacune de ces substances sur l'allure de l'évolution pondérale tout au long de la carence B_1 de lots distincts de rats apparaissent dans la figure ci-dessus.

Ces résultats conduisent à supposer que :

1° Les causes du rôle vicariant de l'acide ascorbique en carence B_1 ne relèvent pas strictement de son niveau d'oxydo-réduction ou de sa fonction acide sinon des agents d'oxydo-réduction de *r*H voisin où des agents acides auraient vraisemblablement exercé par analogie, à un degré quelconque, une protection contre l'avitaminose B_1 ;

2° La faculté vicariante de l'acide ascorbique n'est pas liée à sa qualité de « vitamine *c* ». Cette faculté est, en effet, partagée à égalité avec l'acide isoascorbique, de constitution différente, et presque totalement dénué de pouvoir antiscorbutique. La cause du pouvoir protecteur de l'acide ascorbique contre la carence B_1 reste donc entièrement à découvrir.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) Avec la collaboration technique de M[lles] F. Buisson et G. Roux.

(2) Th. Terroine, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 2767 et **243**, 1956, p. 968.

(*Laboratoire de Biochimie de la Nutrition du C. N. R. S., Bellevue.*)

NEUROPHYSIOLOGIE. — *Développement du potentiel post-synaptique en présence du potentiel d'action dans le soma neuronique du ganglion d'Escargot* (Helix pomatia). Note (*) de M. **Ladislav Tauc**, présentée par M. Robert Courrier.

Nous avons appliqué la technique d'enregistrement intracellulaire au soma neuronique du ganglion sous-œsophagien de *Helix pomatia*, stimulé par voie orthodromique, c'est-à-dire par l'intermédiaire des jonctions synaptiques (schéma, *fig.* 1). Étant donné la multiplicité des voies afférentes qui aboutissent à la cellule, on peut graduer l'intensité de cette excitation indirecte en augmentant par l'intensité du stimulus le nombre de fibres activées. Dans ces conditions, on fait apparaître d'abord une onde lente, le potentiel post-synaptique d'excitation (*fig.* 1, tracé 5), qui engendre lui-même un (ou plusieurs) potentiel d'action (*fig.* 1, tracés 1, 2, 3, 4). En 6 de la figure 1, nous montrons le potentiel d'action isolé obtenu par stimulation électrique directe de la cellule par une deuxième électrode intracellulaire.

Dans la présente Note, nous nous sommes intéressé à la répercussion possible du potentiel d'action sur le cours du potentiel post-synaptique. Étant donné que le processus tout ou rien représente un bouleversement membranaire important, il peut sembler que le processus post-synaptique soit condamné à s'effacer après l'apparition du potentiel d'action. Mais

nous avons déjà démontré ailleurs [1] que cette conception ne peut pas être soutenue. En effet, dans le cas d'une stimulation des afférences répétée à intervalles réguliers, une sommation des potentiels post-synaptiques d'excitation peut être enregistrée dans la cellule; et si par exemple le potentiel critique nécessaire pour la réponse maximale est atteint au bout du cinquième stimulus, la pointe qui apparaît alors n'efface pas complètement la dépolarisation préexistante et seuls deux autres stimuli suffiront pour donner lieu à un nouveau potentiel somatique. Par contre, cet effet n'est pas observé pour des potentiels électrotoniques seuls obtenus par une répétition des stimuli directs. Ces faits prouvent indiscutablement que le potentiel d'action n'efface pas complètement le processus post-synaptique, comme d'ailleurs le montrent aussi les tracés de la figure 1.

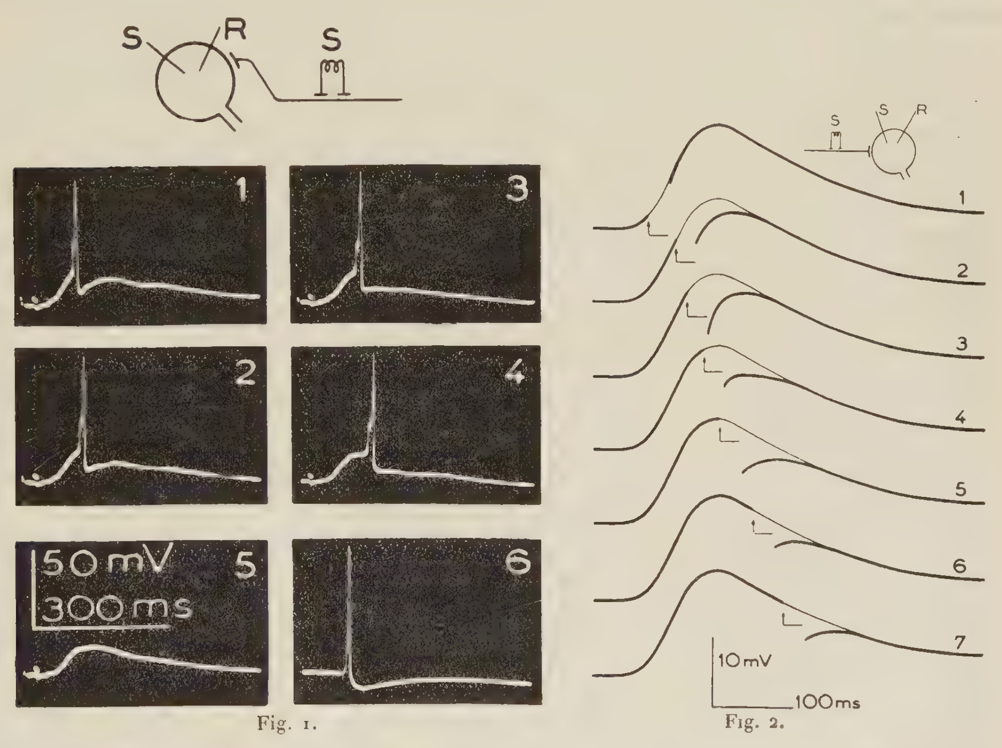


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Enregistrements intracellullaires de la réponse du soma neuronique à un stimulus électrique bref, appliqué sur la voie afférente (1-5). L'arrivée de l'influx afférent donne lieu dans la cellule à l'apparition d'un potentiel post-synaptique d'excitation, sur lequel peut se greffer, avec plus ou moins de retard, le potentiel d'action (1-4). En 6, potentiel d'action obtenu par stimulation directe intracellulaire (éléctrodes S-R jumelées). La membrane de la cellule a été artificiellement hyperpolarisée pour empêcher l'apparition de plusieurs pointes au sommet du potentiel synaptique.

Fig. 2. — Tracés montrant en enregistrement intracellulaire l'évolution du potentiel post-synaptique interrompu aux différents stades de son évolution par une pointe provoquée par un stimulus électrique direct. Les courbes épaisses ont été obtenues en soustrayant de l'enregistrement réel du complexe la forme du potentiel d'action isolé. Les flèches signalent le commencement de la pointe; le trait horizontal indique la durée de la baisse d'impédance qui accompagne la pointe; pendant cette période, le tracé ne peut être déduit avec précision.

Dans une deuxième série d'expériences, nous avons superposé artificiellement à un post-potentiel synaptique sous-liminaire un potentiel d'action obtenu par stimulation directe. En soustrayant le potentiel d'action simple du complexe ainsi obtenu, on peut se rendre compte de la déformation subie par le processus synaptique. C'est ce que montre la figure 2, dans laquelle nous avons représenté par un trait horizontal le temps occupé par la variation de conductivité membranaire qui accompagne la pointe et qui représente assez bien le processus ionique principal ([2]).

On voit qu'il se produit une certaine perturbation au moment de la réponse, mais qu'après le retour de la conductivité initiale, le cours du post-potentiel synaptique rejoint assez rapidement la branche de descente normale. Il est intéressant de remarquer que les potentiels d'action provoqués par stimulation directe ou indirecte agissent d'une façon identique sur le cours du potentiel post-synaptique, tel qu'on l'enregistre.

Ces résultats peuvent s'expliquer en partie par le caractère composite du potentiel post-synaptique d'excitation formé d'une grande quantité de potentiels élémentaires plus brefs et dispersés temporairement à cause de la différence de la rapidité de conduction des fibres afférentes; mais, même dans ces conditions, on aurait dû observer, après l'apparition de la pointe, un déficit du niveau de dépolarisation, soit lors d'une sommation des potentiels post-synaptiques d'excitation, soit au moment où le potentiel observé rejoint le niveau d'un potentiel post-synaptique pur (*fig.* 2).

Il semble ainsi nécessaire d'admettre que, conformément aux notions qui tendent à s'imposer ([3]), un potentiel post-synaptique, enregistré avec une électrode intracellulaire, comporte deux composantes différemment influencées par l'apparition du potentiel d'action dans la cellule : l'une purement sub-synaptique, l'autre électrotonique. Cette dernière doit être évidemment supprimée en totalité par le potentiel d'action, tandis que la composante synaptique resterait intacte. C'est l'augmentation brusque de conductivité de la membrane qui doit empêcher la mise en évidence de la composante synaptique aux environs du sommet de la pointe; par contre, cette composante peut reparaître en totalité quand l'impédance redevient normale, c'est-à-dire sur les tracés de la figure 2, environ 25 ms après le commencement de la pointe. A partir de ce moment, cette composante peut de nouveau exercer des effets électrotoniques sur le reste de la membrane, qui retrouve le niveau du potentiel synaptique normal. La constante de temps de ce retour est identique à celle relevée par stimulus direct correspondant ainsi à la charge électrotonique de la membrane.

Le tracé est évidemment compliqué par l'arrivée d'influx tardifs qui produisent leurs propres potentiels post-synaptiques.

Il semble que nous puissions conclure en admettant que dans la cellule

ganglionnaire de l'Escargot, le potentiel d'action ne détruit pas, dans les zones sub-synaptiques, le processus primaire d'excitation qu'y a déclenché l'agent transmetteur, et qu'ainsi le soma puisse, après sa décharge, retrouver une certaine élévation de son niveau d'excitabilité.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) L. Tauc, *J. Physiologie*, 47, 1955, p. 769-792.

(2) A. Fessard et L. Tauc, *J. Physiologie*, 48, 1956, p, 541-544.

(3) M. Altamirano, C. W. Coates et H. Grundfest, *J. gen. Physiol.*, 38, 1955, p. 319-360.

(*Centre d'Études de Physiologie nerveuse du C.N.R.S., Paris.*)

NEUROPHYSIOLOGIE. — *Étude comparée, à l'échelle neuronique, des activités évoquées dans un relais somesthésique primaire et un relais somesthésique secondaire.* Note de Mme **Denise Albe-Fessard**, Mlle **Arlette Rougeul** et M. **Serge Tsouladzé**, présentée par M. Maurice Fontaine.

La distribution somatotopique des afférences au niveau du relais thalamique spécifique de la somesthésie (noyau ventral postérieur) est une notion qui semble aujourd'hui solidement établie. Plusieurs auteurs ont en effet montré, chez le Chat et chez le Singe, que les zones du noyau ventral postérieur (*pars lateralis*, V. P. L. et *pars medialis*, V. P. M.) où apparaissent les réponses évoquées produites par des stimulations périphériques contralatérales, correspondent de manière nettement ordonnée aux régions du corps où les stimulations ont été portées (1), (2), (3), (4).

Par ailleurs, reprenant certaines indications données par T. E. Starzl, C. N. Taylor et H. W. Magoun (5), nous avons pu montrer (6) que, chez le Chat, le noyau centre médian, qui appartient au groupe des noyaux thalamiques intralaminaires, joue un rôle de relais somesthésique secondaire, interposé sur l'une des voies afférentes qui aboutissent au cortex non spécifique. L'exploration pratiquée par nous dans le centre médian à l'aide d'électrodes concentriques bipolaires d'un diamètre externe relativement grand (macroélectrodes de 0,5 mm) nous a montré que les caractéristiques de répartition des réponses dans ce noyau, lors de la stimulation périphérique de différents points du corps, s'opposaient de façon frappante aux caractéristiques de distribution somatotopique obtenues dans les mêmes conditions dans le noyau ventral postérieur. En effet, il est possible, en un point quelconque du noyau centre médian de recueillir des activités évoquées similaires, en réponse à des stimulations variées ipsi ou contralatérales sans distinction d'origine des stimulations.

Au cours de cette étude, il nous était, en outre, apparu que l'on observe toujours des occlusions entre les activités qui sont évoquées en un même

point du centre médian par des messages issus de points de la périphérie qui peuvent être très distants les uns des autres. C'est ainsi que, pour prendre un exemple, la réponse à la stimulation cutanée de l'extrémité du membre ipsilatéral antérieur empêche l'apparition de la réponse à la stimulation du membre contralatéral antérieur, lorsque les deux chocs sont délivrés simultanément ou avec un léger décalage dans le temps. Ces occlusions ne peuvent évidemment pas s'observer dans le noyau ventral postérieur en raison de l'arrangement somatotopique des afférences dans ce noyau; nous avons été conduits à les interpréter comme le signe de convergences d'afférences d'origines variées sur chaque neurone du centre médian.

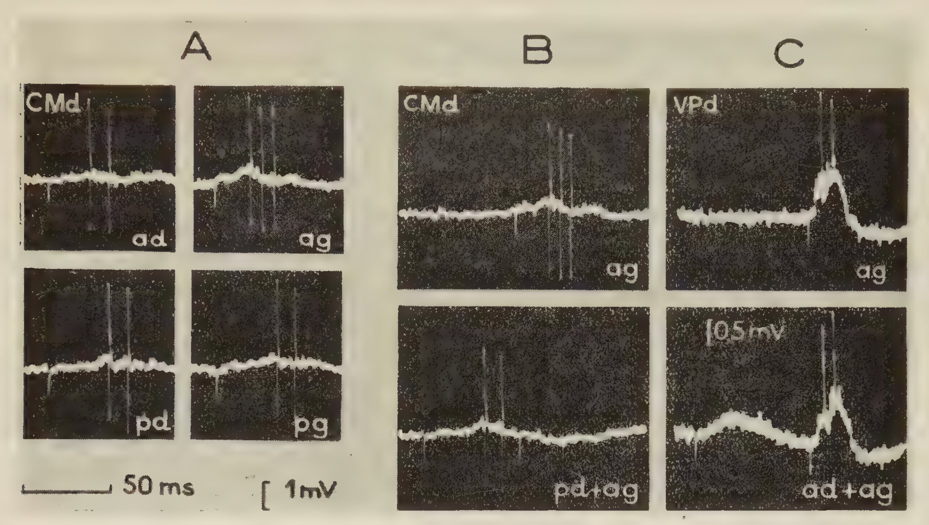
Cependant, le défaut de finesse de l'analyse que nous avions pratiquée à l'aide de macroélectrodes, ne permettait pas de déterminer avec certitude si nous nous trouvions en présence de véritables convergences ou si nous avions affaire à des inhibitions réciproques s'établissant entre neurones voisins pourvus chacun d'afférences propres. Seule une étude conduite à l'échelle neuronique pouvait permettre un choix entre les deux hypothèses. Ce sont les résultats de cette étude que nous rapportons ici.

Notre travail a porté sur 13 chats anesthésiés au chloralose. Les dérivations ont été pratiquées cette fois à l'aide de microélectrodes (pipettes de verre, dont le diamètre à l'extrémité est inférieur à 1 μ) qui ont permis de recueillir les activités unitaires extracellulaires. Les localisations intrathalamiques ont été obtenues à l'aide de la méthode stéréotaxique selon les coordonnées de l'atlas de H. Jasper et C. Ajmone-Marsan ([7]), les descentes ont été pratiquées à travers le cortex conservé intact. Par cette méthode, certaines unités ont pu être observées pendant près de 30 mn. Les expériences ont essentiellement porté sur l'étude du comportement des unités isolées rencontrées dans le centre médian; mais, à titre comparatif, le noyau ventral postérieur a été exploré à l'aide de la même technique.

Dans ces conditions, nous avons pu montrer qu'au niveau du centre médian une unité neuronique répond à la stimulation des quatre membres (stimulation électrique de la peau) (*fig.* A). Chaque réponse est constituée par une très faible déviation lente négative, surmontée d'un train de spikes; pour chaque stimulation, la forme de la réponse est la même, seuls varient la latence, la fréquence et le nombre des spikes; la constance de l'amplitude de ces dernières est une preuve (classiquement admise) que l'on a bien affaire à l'activité d'un seul neurone. Des combinaisons diverses, deux à deux, des stimulations des quatre membres, nous ont permis d'observer des phénomènes d'occlusion totale (*fig.* B) durant jusqu'à 300 ms.

Au niveau du noyau ventral postérieur, il nous est apparu que la règle

générale, qui souffre quelques exceptions, est qu'une unité neuronique n'est pas activée à la fois par des stimulations portées sur des membres différents (nous n'avons pas cherché ici la preuve d'une somatotopie plus fine). La figure C représente une unité neuronique répondant à la seule stimulation de la patte antérieure contralatérale.



Chat anesthésié au chloralose et curarisé. Dérivations entre une microélectrode et une électrode indifférente. Une dérivation vers le haut correspond à une négativation de la microélectrode.

A. Dans le Centre Médian, réponses d'une même unité cellulaire lors de la stimulation cutanée de l'extrémité des pattes antérieures droite et gauche (*ad*, *ag*) et postérieures droite et gauche (*pd* et *pg*).

B. Pour la même unité dans le Centre Médian, en haut, réponse à la stimulation du membre antérieur contralatéral; en bas, cette stimulation est précédée par celle du membre postérieur ipsilatéral. On remarquera l'occlusion totale de la seconde réponse.

C. Dans le noyau ventral postérieur du thalamus, réponses d'une unité cellulaire : en haut, stimulation de la patte antérieure contralatérale; en bas, même stimulation précédée par la stimulation de la patte antérieure ipsilatérale. On remarquera que cette dernière ne provoque pas de réponse de l'unité étudiée.

Ainsi cette étude confirme l'opposition foncière des types d'organisation de deux structures qui jouent le rôle de relais somesthésiques : organisation somatotopique dans le cas du noyau ventral postérieur; organisation convergente très homogène dans le cas du noyau centre médian. On sait que cette opposition se retrouve, avec les mêmes particularités, au niveau des projections corticales qui correspondent à ces deux relais thalamiques. A ce niveau la distribution somatotopique de l'aire somesthésique spécifique fait contraste avec le système des « foyers » de convergence du cortex non spécifique où, chez l'animal chloralosé, en chaque point actif, viennent aboutir des afférences somesthésiques provenant de tous les points du corps (D. Albe-Fessard et A. Rougeul, 1955) ([8]). Nos résultats montrent donc que le mode de distribution final des afférences qui gagnent le cortex se trouve déjà, pour l'essentiel, réalisé au niveau des structures thalamiques.

(1) H. T. Chang et T. C. Ruch, *J. Anat. London*, 41, 1947, p. 150-164.
(2) V. B. Mountcastle et E. Henneman, *J. Neurophysiol.*, 12, 1949, p. 85-100.
(3) V. B. Mountcastle et E. Henneman, *J. Comp. Neurol.*, 97, 1952, p. 409-446.
(4) J. E. Rose et V. B. Mountcastle, *J. Comp. Neurol.*, 97, 1952, p. 441-490.
(5) *J. Neurophysiol.*, 14, 1951, p. 461-477.
(6) D. Albe-Fessard et A. Rougeul, *J. Physiol.*, Paris, 48, 1956, p. 370-374.
(7) *A stéreotaxie atlas of the diencephalen of the cat, Nat. Research. council of Canada*, Ottawa, 1955.
(8) *J. Physiol.*, Paris, 47, 1955, p. 69-72.

(*Centre d'Études de Physiologie nerveuse du C. N. R. S., Paris.*)

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude cytologique et genèse des galles bactériennes des Rubiacées africaines du genre* Psychotria. Note (*) de M. **Édouard Adjanohoun**, présentée par M. Raoul Combes.

Description des galles bactériennes des *Psychotria* d'Afrique tropicale. La bactérie, tranmise par la graine, existe dans les bourgeons et pénètre dans les ébauches foliaires. Elle a été isolée. Inoculée dans le parenchyme sain des feuilles adultes, elle y produit ses effets caractéristiques. Il ne s'agit pas, chez ces espèces africaines, d'un *Mycobacterium*, mais d'une bactérie non acido-résistante, du groupe des *Flavobacterium*.

On sait que chez de nombreuses espèces appartenant au grand genre *Psychotria*, ainsi qu'à certains autres genres de Rubiacées tropicales ou subtropicales, les feuilles portent constamment des galles bactériennes; la plus importante étude publiée sur ces galles (1) concerne des *Psychotria* d'Indonésie. Nous avons recherché, pour la première fois, quelle est, à cet égard, la situation des *Psychotria* des forêts denses d'Afrique occidentale.

De nombreuses espèces de cette région (*Psychotria calva*, *Psychotria cornuta*, *Psychotria brachyanthera*, *Psychotria brachyantheroïdes*) présentent de petites tumeurs d'un vert intense, localisées en certains points de la face inférieure du limbe. Leur forme et leur distribution, constantes chez une même espèce, ne sont pas identiques chez toutes; disposées chez certaines espèces sous forme de bandes ou de stries le long de la nervure médiane, elles sont, chez d'autres espèces, dispersées entre les nervures et apparaissent alors comme un semis de taches au contour circulaire ou irrégulier. Dans tous les cas, la structure histologique et la couleur (d'un vert intense) de la galle sont les mêmes.

Chez *Psychotria calva* Hiern, étudiée à titre d'exemple, les galles sont situées dans le parenchyme foliaire plus ou moins lacuneux qui entoure le faisceau libéro-ligneux. Elles sont latérales, très proches de l'épiderme inférieur stomatifère, ne sont visibles que sur la face inférieure des feuilles.

Une galle complètement développée est constituée par un amas de tissu épaissi par hyperplasie du parenchyme; elle est parfaitement séparée

du mésophylle par deux ou trois assises de cellules recloisonnées, mais non subérisées, formant un véritable manchon limitant qui reste fortement chlorophyllien.

Les bactéries occupent les espaces intercellulaires qu'elles remplissent intégralement. Elles y sont noyées dans un mucilage abondant. Les cellules de l'hôte contiennent de nombreux chloroplastes et leurs vacuoles sont très riches en tanoïdes. Abondance et développement des chloroplastes d'une part, richesse en tanoïdes d'autre part, distinguent ces cellules de la galle de l'ensemble des cellules du mésophylle normal.

Ainsi que l'a indiqué von Faber (1), les bactéries, compagnes permanentes de leur hôte (elles sont transmises par les graines), existent dans chaque bourgeon. Elles pénètrent ainsi, dans les très jeunes ébauches foliaires, au niveau d'une zone privilégiée de l'épiderme en voie de différenciation et provoquent la formation, dans le parenchyme encore indifférencié, d'un cordon lacuneux qui souligne leur trajet jusqu'au point d'élection du développement de la galle. La présence des bactéries au milieu des cellules des ébauches foliaires entretient une activité mitotique importante dans la région infectée, activité qui va se poursuivre dans les feuilles jeunes en voie d'épanouissement et donner ainsi naissance au tissu hyperplasié de la galle à l'intérieur du manchon parenchymateux qui l'entoure.

Dès cet épanouissement, l'activité mitotique de la galle devient donc indépendante de celle de la feuille, elle persiste dans la galle, alors qu'elle est définitivement éteinte dans les parties normales de la feuille. Au fur et à mesure du développement de la jeune galle, les chloroplastes s'accumulent dans les cellules de la galle où ils deviennent, par surcroît, très volumineux.

Une fois constituée, la galle est définitive. Elle n'est éliminée qu'avec la feuille, quand celle-ci jaunit et tombe. Mais auparavant, la galle s'ouvre fréquemment par une fente longitudinale.

Dans une galle adulte, les cellules bactériennes offrent des déformations caractéristiques telles qu'un gonflement total ou partiel, ou, au contraire, un étirement anormal. Ce sont des formes d'involution qui évoquent les bactéroïdes des Légumineuses.

Les essais d'isolement de l'agent cécidogène ont permis d'obtenir des cultures pures d'une bactérie dont l'inoculation, dans des régions saines des feuilles, chez les espèces sensibles, détermine la formation d'un bourrelet hyperplasié d'un vert intense, marquant la limite de l'inoculation. Cette expérience montre que les formes définies des galles naturelles sont liées aux modalités régulières de l'inoculation au niveau des ébauches foliaires.

La bactérie, de couleur jaune, a la forme de petits bâtonnets plus ou moins courbés, dont la longueur varie de 0,7 à 3,5 μ et l'épaisseur de 0,2 à 0,4 μ.

Dans les galles, la forme et les dimensions des bactéries changent avec l'âge du matériel dont on dispose. Dans les jeunes galles on trouve de petits bâtonnets assez courts, plus ou moins trapus dont les dimensions sont de 1 à 5 μ de long et 0,5 μ d'épaisseur. Dans les galles plus âgées, les petites formes de bâtonnets deviennent de plus en plus rares et sont remplacées par de longs bâtonnets beaucoup plus gros, présentant des granulations métachromatiques.

Les bâtonnets isolés en culture pure sont donc de taille réduite et plus ténus que ceux qui existent dans les jeunes galles. Ils ne forment pas de spores et sont immobiles. La coloration nucléaire suivant la technique de Piechaud met en évidence un granule central occupant toute la partie médiane de la bactérie; il est donc l'équivalent d'un noyau. Dans les bâtonnets en voie de division, on trouve deux noyaux qui occupent chacun une position polaire. La bactérie pathogène des *Psychotria* est Gram +, *mais non acido-résistante*. Elle n'appartient donc certainement pas au genre *Mycobacterium* et, par conséquent, offre des caractères très différents du microorganisme (*Mycobacterium rubiacearum*) isolé, par von Faber, des galles foliaires des *Psychotria* d'Indonésie. Certaines propriétés de cette bactérie en culture pure pourraient la rapprocher des *Flavobacterium*.

Les espèces de *Psychotria* dépourvues naturellement de cécidies sont insensibles aux inoculations de la bactérie pathogène.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) F. C. von Faber, *Jahr. Wiss. Bot.*, 51, 1912, p. 285.

(*Laboratoire de Biologie végétale tropicale de l'École pratique des Hautes Études.*)

BIOLOGIE. — *Greffes homoplastiques et bourgeonnement expérimental chez* Tethya lyncurium *Lamarck*. Note (*) de M. **Jean Paris**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

En 1869, Léon Vaillant (1) publiait ses résultats d'expériences de régénération et de greffes des tissus, chez l'Éponge siliceuse *Tethya lyncurium* Lamarck. Les observations, portant sur une cinquantaine d'individus, sont énoncées de façon succincte, surtout en ce qui concerne les greffes.

Nous avons réalisé des greffes homoplastiques sur les mêmes Éponges, *Tethya lyncurium* (=*Tethya aurantium* Pallas), assez communes dans la « mer de Banyuls » par 60 à 70 m de fond. Contrairement à ce que prétend Vaillant, ces Éponges vivent très bien en aquarium. Lorsqu'elles sont placées en eau calme et à l'obscurité, elles se gonflent d'eau, augmentent d'un tiers au moins de leur volume primitif, et l'oscule du pôle apical devient béant.

Le greffon est prélevé sur une *Tethya* récemment pêchée dont on sectionne

un fragment pyramidal comportant choanosome et ectosome. Le porte-greffe est une *Tethya* en bon état de 3 à 4 cm de diamètre; sa pigmentation est variable, passant du jaune paille à l'orangé brillant. De préférence, l'Éponge servant à prélever le greffon est choisie d'une teinte différente de celle du porte-greffe. L'orientation du greffon par rapport à l'hôte est telle que son ectosome et son choanosome se trouvent en contact direct avec ceux du porte-greffe.

On observe ainsi que la greffe homoplastique est facile et que, contrairement à ce qu'indique Vaillant, elle prend rapidement. Sous l'effet de la rétraction opératoire, les *Tethya* étant très contractiles, les deux lèvres de l'incision destinée à recevoir le greffon, s'écartent considérablement, formant une ouverture béante. Au bout du premier jour, le greffon qui, primitivement, balotte librement dans cette cavité réceptrice, finit par se rattacher au porte-greffe sur un côté de l'incision, par des brides ectosomiales.

Lorsque l'hôte reprend son état normal, turgescent, les deux lèvres de la plaie se rapprochent, enchâssent le greffon, ce qui permet l'union des tissus en contact. Cette union, plus ou moins rapide (à peu près vingt jours), est toujours totale, au point qu'aucune cicatrice ne sépare plus les tissus soudés les uns aux autres. Cependant, à l'emplacement de la greffe, l'ectosome se soulève et on assiste à la formation d'un bourgeon arrondi qui peut même se détacher et mener une vie autonome.

Il semble que ce bourgeon corresponde à une excroissance secondaire du greffon qui, au lieu de devenir partie intégrante de l'hôte, profite de ce dernier pour survivre et pour reconstituer une Éponge entière, indépendante. Le rôle du porte-greffe est indiscutable car, tout fragment de petite taille prélevé, abandonné à lui-même, et non-greffé, dépérit. Par ailleurs, cette prolifération correspond bien à une poussée du greffon puisque les gemmules normales (sorites) de l'Éponge-mère n'ont pas la même constitution anatomique. En effet, la continuité qui existe entre les tissus du porte-greffe et ceux du greffon, en cours de formation, ne sont pas les mêmes que ceux que l'on observe entre les sorites et l'Éponge-mère. Nous avons donc observé deux temps bien définis :

1° Le bourgeon expérimental, dans ses premières phases, semble constitué par une excroissance de l'ectosome.

2° Ce bourgeon contient ensuite tous les éléments d'une *Tethya sensu-stricto*, avec son choanosome interne et son extosome externe.

Plusieurs faits nous conduisent à penser que ce bourgeon issu d'une greffe possède son autonomie. A un stade ultime de sa croissance, il peut se détacher du porte-greffe et vivre indépendant. Sur un hôte en complète putréfaction, le bourgeon peut survivre plusieurs mois. Enfin, la greffe et son hôte étant soumis à une mélanisation expérimentale [selon les

indications de Pavans de Ceccatty ([2])], on constate que le bourgeon n'est pas pigmenté, tandis que le porte-greffe l'est totalement.

Il est donc intéressant de noter que les greffes homoplastiques de *Tethya* conduisent toujours à un bourgeonnement expérimental d'une nature particulière, aboutissant à une véritable reproduction asexuée.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

([1]) *Comptes rendus*, **68**, 1869, p. 86.

([2]) *Arch. Zool. Exp.*, 1957 (sous presse).

(*Laboratoire Arago, Banyuls-sur-Mer, Faculté des Sciences de Paris.*)

BIOLOGIE. — *L'effet de groupe sur le développement des larves de* Plusia gamma (Lepidoptera Noctuidæ) *en corrélation avec différents facteurs du milieu.* Note (*) de M. **René Cayrol**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

L'effet de groupe sur le cours du développement des chenilles de *P. gamma* dépend étroitement de la combinaison des facteurs abiotiques.

Les larves de *P. gamma* ont en général cinq ou six âges (types 5 et 6). D. B. Long (1953) a montré que parmi les chenilles groupées la proportion des larves présentant un âge surnuméraire est plus faible et le développement des chenilles (du type 5 notamment) plus rapide que dans les élevages individuels. Les effets cumulatifs de ces deux phénomènes sont parfois tels, qu'à une température voisine de 14°, les chenilles groupées accomplissent leur cycle de développement dans un laps de temps égal à 80 % seulement de celui requis par les chenilles élevées individuellement.

De 1953 à 1957, nous avons élevé, individuellement ou en groupes, des milliers de chenilles de l'espèce *P. gamma* sous différentes conditions. Soit d la différence entre les vitesses de développement des chenilles soumises respectivement aux deux modes d'élevage.

Du mois d'octobre 1953 au mois de mars 1954, les chenilles de trois générations consécutives sont élevées à 20° sous une photopériode de 12 h, et alimentées de feuilles de Plantain forcé en serre. Nous ne constatons pas d'écart supérieur à 5 % ($d \leq 5$ %) entre les vitesses de développement des larves groupées et des chenilles élevées individuellement. Au mois d'avril, les chenilles de la quatrième génération sont élevées dans les mêmes conditions, mais placées soit à la lumière naturelle, soit sous une photopériode quotidienne de 8 h : dans les deux cas, d a une valeur voisine de zéro.

Au mois de novembre, nous opérons à 22° à la lumière naturelle. Les chenilles étant alimentées soit avec du Plantain, soit avec du Colza, *d* est respectivement de l'ordre de 0 et 3 %. A la même époque, des larves alimentées avec des feuilles de Betterave sont élevées à 21° sous une photopériode de 16 h : nous obtenons pour *d* une valeur de 6 %.

Sous ces différentes conditions (du mois d'octobre 1953 au mois de novembre 1954), la proportion des chenilles présentant un âge surnuméraire est très faible et les différentes valeurs de *d* s'appliquent, pratiquement, à des chenilles du type 5.

Par la suite, nous opérons parallèlement sous des photopériodes de 8 h et de 16 h. Les chenilles sont alimentées avec du Colza et de la Navette.

Au printemps et à la fin de l'été, les chenilles élevées à une température de 18 à 20° sont presque toutes du type 5, quels que soient la durée de la photopériode et le mode d'élevage, et *d* est de l'ordre de 2 à 6 %.

Nous obtenons, en toute saison, des résultats relativement comparables lorsque nous élevons les chenilles sous une photopériode journalière de 16h à la température de 16°.

Sous une photopériode de 8 h, à 16° au printemps, à 20° en hiver, le développement des larves groupées est le plus souvent nettement plus rapide que celui des larves élevées individuellement (*d* peut atteindre en effet 10 %), mais cette différence est imputable, en partie tout au moins, au fait que les chenilles ayant une mue surnuméraire sont en nombre relativement plus important dans les élevages individuels.

Sous une photopériode de 8 h, à 16° en hiver, la vitesse de développement des larves est nettement plus rapide dans les lots où les chenilles sont groupées, et, pour les seules chenilles du type 5, il semble que *d* puisse atteindre une valeur de 14 à 16 %.

Notons enfin qu'aux températures élevées ($\geqq$ 25°) un certain nombre de larves élevées individuellement présentent une mue surnuméraire; la proportion des chenilles de ce type, dans les élevages, est d'ailleurs très variable en fonction notamment de l'alimentation et de la durée de la photopériode. Dans la plupart des cas au contraire, les chenilles groupées sont du type 5 dans une proportion de 95 à 98 % et se développent plus rapidement que les larves du même type élevées individuellement.

D'une manière générale, il semble donc que l'influence de l'effet de groupe sur le développement des chenilles de *P. gamma* est d'autant plus faible que l'action conjuguée des différents facteurs du milieu est plus favorable à la croissance larvaire.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

BIOLOGIE APPLIQUÉE. — *Sur une technique de préparation de greffons de cornée lyophilisés.* Note (*) de MM. **François Henaff** et **Louis-René Rey**, transmise par M. Albert Policard.

La lyophilisation permet, par sublimation de la glace à basse température sous un vide poussé, de dessécher, sans les modifier, un grand nombre de produits altérables, en particulier les substances d'origine biologique. Des tissus compacts comme les tendons, le cartilage, l'os, ont pu ainsi être conservés aisément à l'état sec. Par contre, la conservation de tissus ayant une teneur en eau plus élevée, comme la cornée transparente, s'est heurtée à de grandes difficultés. C'est pourquoi nous avons voulu mettre au point une technique de lyophilisation de la chambre antérieure de l'œil, et des expériences de kératoplastie sur le lapin et le chien, effectuées à partir de nos greffons par MM. P. Payrau et L. Bonel ([1]) ont permis d'apprécier les résultats. La technique que nous avons utilisée comporte :

— une congélation préalable, précédée ou non d'une phase d'imprégnation dans une solution physiologique contenant de la glycérine;
— une dessiccation sous vide à basse température;
— une phase de reconstitution du greffon.

Pour éviter les altérations que peut produire l'apparition des phases liquides hypertoniques au cours de la cristallisation, nous avons effectué des congélations rapides à basse température. Le temps de séjour dans la zone de températures précédant la formation des mélanges eutectiques est ainsi très court, et la taille des cristaux de glace formés est très faible [F. Henaff ([2]) et L. R. Rey ([3])]. Nous avons également traité certaines préparations par une solution physiologique tamponnée contenant de la glycérine dont l'action protectrice a été mise en évidence par de nombreux auteurs. Des expériences préalables de cultures de tissus [L. R. Rey ([4])] nous ont indiqué que la concentration optima était de 30 % en poids.

Nous avons employé diverses méthodes de congélation et le tableau suivant groupe les résultats que nous avons obtenus.

Type de congélation.	Bain réfrigérant utilisé.	Température finale (°C).	Durée de la congélation.	Durée de séjour dans le bain réfrigérant.	Résultats après lyophilisation.
Lente....	Glace carbonique en poudre	— 79	10 à 15 mn	30 mn	—
Rapide...	Azote liquide	— 196	8 à 9 s	5 »	+
Rapide...	Mélange glace carbonique-acide	— 79	3 à 5 s	5 »	++
Rapide..	Propane liquide à — 196° C (5 s) puis azote liquide	— 196	1,5 mn	5 »	+++

Dans toutes les expériences, le greffon est plongé directement dans le bain réfrigérant, sauf dans le cas de la glace carbonique en poudre où il est contenu dans un tube en verre « pyrex ».

La dessiccation est effectuée dans un appareil expérimental spécial. Les flacons contenant les cornées, protégés par un filtre bactériologique lâche, sont enfoncés dans une masse métallique froide. Il est possible ainsi de dessécher les cornées en une douzaine d'heures tout en maintenant leur température voisine de — 50° C pendant la plus grande partie de la dessiccation.

Un groupe de pompage comprenant une pompe à palettes à deux étages et une pompe à diffusion, assure un vide de 10^{-3} mm de mercure. La surface de condensation est constituée par une plaque métallique refroidie à — 80° C par un mélange de glace carbonique et d'alcool. Après dessiccation, l'appareil est rempli d'azote stérile et les flacons contenant les greffons sont fermés hermétiquement sous vide.

Par suite de la très faible masse du tissu déshydraté, nous avons reconstitué les greffons en versant dans les flacons de la solution physiologique en excès, maintenue à la température ambiante. La reconstitution est totale au bout de 1 h. Le greffon est alors prêt pour l'expérimentation physiologique.

Résultats expérimentaux. — Seuls les greffons congelés à grande vitesse ont donné des greffes permanentes et transparentes. Il ne semble pas toutefois, que le tissu soit resté vivant car il ne montre pas de croissance *in vitro*.

La structure histologique et l'infrastructure sont parfaitement conservées par la lyophilisation. Les protéines constitutives, par contre, doivent être légèrement modifiées. En effet, le tissu a perdu une grande partie de son pouvoir antigénique après lyophilisation. Non seulement des homogreffes ont pu être réalisées avec succès, mais aussi des hétérogreffes. Des cornées de lapin sont en place sur des yeux de chiens depuis plusieurs mois sans modification et sont restées parfaitement transparentes. Des essais cliniques sont actuellement en cours sur l'homme et des résultats entièrement satisfaisants ont été obtenus.

(*) Séance du 22 juillet 1957.
(1) *Bull. Soc. Opht. Fr.*, 1957, p. 1-5.
(2) *Rev. gén. Froid. Fr.*, 29, n° 4, 1952, p. 347-364.
(3) *Ann. Nutrit. Aliment. Fr.*, 11, 1957, p. 103-124.
(4) *Proc. Roy. Soc. London*, 1957 (sous presse).

BIOMÉTRIE. — *Sur la classification et les affinités de quelques Isopodes terrestres. Arguments biométriques.* Note (*) de M. **Jean Matsakis**, transmise par M. Albert Vandel.

Dans ce qui suit nous donnons les résultats de la comparaison des données biométriques relatives à des représentants français d'*Halophiloscia*, *Metoponorthus*, *Oniscus*, *Porcellio*, *Armadillidium*, *Armadillo*, *Tylos* et *Helleria*. Les quatre derniers genres représentent des formes volvationnelles et offrent un exemple d'intense convergence adaptative en rapport avec leur faculté commune de pouvoir « s'enrouler en boule » (*fig.* 1). Les affinités entre ces formes volvationnelles d'une part, et entre chacune d'elles et les formes non volvationnelles d'autre part, ont fait l'objet de discussions de la part des isopodologistes et l'unanimité n'est pas établie sur tous les points.

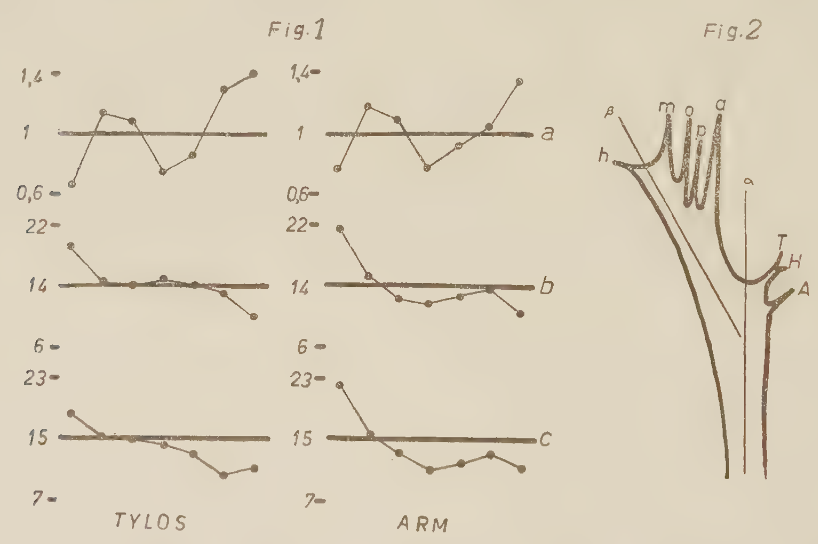


Fig. 1. — Graphique illustrant un aspect de la remarquable convergence entre deux types éloignés : *Tylos* et *Armadillidium*; (*a*) croissance relative des péréionites I à VII par rapport à la longueur totale du péréion; (*b*) et (*c*) dimensions relatives des péréionites par rapport à la longueur totale du péréion en (%). (*a*) individus de taille comprise entre 8 et 25 mn; (*b*) individus de 8 à 10 mn; (*c*) individus de 5 à 6 mn.

Fig. 2. — Représentation symbolique des résultats du tableau I. *Tylos*, *Helleria* et *Armadillo* seraient deux branches distinctes et homologues de la branche *Oniscidæ*, *Porcellionidæ*, *Armadillidiidæ*. Les distances part rapport aux axes s'ordonnent suivant l'ordre des inverses des valeurs des coefficients de saturation.

Nous avons pu déceler sans ambiguïté certaines affinités en suite de comparaisons réciproques basées sur des caractéristiques quantitatives, différentes de celles auxquelles fait appel la systématique descriptive et comparée. Nous avons ainsi établi une table d'intercorrélations telles

qu'elles découlent de la comparaison précise des types envisagés deux à deux, sur la base de 18 dimensions linéaires homologues : longueur et largeur du céphalon et du pléon, des segments I, IV et VII du péréion, longueur du basis et du carpos des péréiopodes I, IV et VII, du flagelle et du cinquième article de la hampe de l'antenne.

A. L'examen direct de la table d'intercorrélations permet de tirer certaines conclusions immédiates qui sont les suivantes :

1° *Tylos* ne présente de forte affinité qu'avec *Helleria* et réciproquement;

2° *Armadillo* se distingue de tous les autres types;

3° *Armadillidium* présente moins d'affinités avec les autres formes volvationnelles qu'avec les formes non volvationnelles, et notamment avec *Porcellio*.

Ces trois points confirment la validité de la classification proposée par Vandel (1943) en ce qui concerne les types envisagés.

B. Une analyse factorielle basée sur la table d'intercorrélations, d'après les signes et les valeurs des saturations obtenues, permet de rendre compte des rapports entre les huit genres examinés et de fonder cette comparaison sur les équations factorielles du tableau I qu'on peut représenter symboliquement par un arbre dichotomique comme il est indiqué dans la figure 2.

TABLEAU I. — *Équations factorielles.*

$p = 0,935\alpha + 0,339\beta$		$+ 0,022$	(*Porcellio lævis*)
$o = 0,934\alpha + 0,318\beta$		$+ 0,105$	(*Oniscus asellus*)
$m = 0,906\alpha + 0,412\beta$		$+ 0,085$	(*Metoponorthus sexfasciatus*)
$h = 0,777\alpha + 0,447\beta$		$+ 0,080$	(*Halophiloscia couchi*)
$a = 0,978\alpha + 0,157\beta$		$+ 0,075$	(*Armadillidium granulatum*)
$A = 0,948\alpha$		$+ 0,227$	(*Armadillo officinalis*)
$T = 0,975\alpha$	$+ 0,174\gamma$	$+ 0,139$	(*Tylos latreillei*)
$H = 0,957\alpha$	$+ 0,235\gamma$	$+ 0,101$	(*Helleria brevicornis*)

C. Six autres tables d'intercorrélations ont été établies sur la base de comparaisons portant sur un nombre moindre de dimensions linéaires homologues. L'examen direct de ces tables aussi bien que les résultats des analyses factorielles effectuées à partir de ces tables conduisent aux conclusions suivantes :

1° les trois points mentionnés en (A) se retrouvent régulièrement;

2° les différences entre les divers types sont beaucoup mieux marquées si l'on fonde la comparaison sur les dimensions des segments antérieurs et leurs appendices que sur celles relatives aux dimensions homologues des segments postérieurs (IV et VII); autrement dit, les facteurs de groupe dans le dernier cas présentent une influence plus faible et le facteur général une influence plus pure; corrélativement;

3° le nombre minimum de dimensions dont la comparaison permet

d'obtenir des indications encore nettes sur les rapports entre les types envisagés est de quatre; ces dimensions sont : la longueur et la largeur du céphalon, les longueurs du flagelle et de la hampe de l'antenne.

Il est intéressant de rapprocher ces enseignements de l'avis exprimé par Vandel, à savoir : que la différenciation chez les Oniscoïdes présente une « évolution antéropostérieure » débutant par le céphalon et se terminant dans la région du telson.

(*) Séance du 17 juillet 1957.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Précipitation des β-lipoprotéines sériques par l'héparine et les héparinoïdes de synthèse à* pH 5. Note (*) de M. **Meier Burstein**, présentée par M. Léon Binet.

A pH 5 l'héparine et le sulfate de dextrane, à la concentration de 2 ‰, précipitent sans dénaturer la presque totalité des β-lipoprotéines du sérum humain; les α-lipoprotéines restent en solution. Le précipité obtenu à partir d'un sérum débarrassé au préalable des englobulines ne renferme pratiquement que des β-lipoprotéines.

Nous avons montré précédemment (1) qu'en présence du chlorure de calcium ou de magnésium, et d'une force ionique appropriée, l'héparine et les héparinoïdes de synthèse (sulfate de dextrane, « tréburon ») précipitent la totalité des β-lipoprotéines du sérum (2). La précipitation est sélective, réversible, et permet d'isoler les β-lipoprotéines à l'état pur, sans les dénaturer, par un procédé purement chimique.

Or, après acidification du sérum, les β-lipoprotéines précipitent même en l'absence de cations. La précipitation s'amorce vers pH 5,70, elle est complète vers pH 5.

Les conditions expérimentales sont les suivantes : le sérum humain acidifié à pH 5 par adjonction goutte à goutte d'une solution d'acide chlorhydrique normal, est additionné d'héparine ou de sulfate de dextrane jusqu'à une concentration de 2 ‰. Un précipité apparaît presque immédiatement; on le sépare en centrifugeant 10 mn à 10 000 t/mn. Le surnageant ne renferme qu'environ le quart des lipides du sérum; le dosage des β-lipoprotéines (3) ne décèle que des traces dans le surnageant du sulfate de dextrane, et 10 à 15 % dans celui de l'héparine.

L'électrophorèse sur papier avec coloration des lipides par le soudan noir (*figure*) montre l'absence de la bande des β-lipoprotéines dans le sérum centrifugé après addition de sulfate de dextrane, la présence d'une faible quantité des β-lipoprotéines dans le sérum hépariné, et d'une forte quantité dans le précipité redissous. La tache des α-lipoprotéines se retrouve sur le surnageant; elle manque dans le précipité. Contrairement aux β-lipoprotéines, les α-lipoprotéines restent en solution.

Le précipité, lavé à plusieurs reprises avec du tampon véronal acétate à pH 5, est redissous dans 1/10ᵉ de volume de ClNa à 9 ‰ à pH 8. On obtient une solution jaune presque clair qui renferme environ 40 g des lipides par litre. En dehors des β-lipoprotéines, elle contient quelques globulines. En ajoutant du Cl_2Ca et du sulfate de dextrane, on précipite sélectivement les β-lipoprotéines; les globulines restant représentent environ 1 g/l de sérum; il s'agit essentiellement d'euglobulines.



Électrophorèse sur papier avec coloration des lipides (Soudan noir). De gauche à droite : sérum délipidé par héparine à 2 ‰ à pH 5 (40 m/m³); sérum délipidé par sulfate de dextrane à 2 ‰ à pH 5 (40 m/m³); sérum témoin (40 m/m³); précipité provenant de 10 ml de sérum hépariné à 2 ‰ (pH 5) redissous dans 1 ml de ClNa à 1 ‰ pH 8 (20 m/m³).

On peut réduire cette quantité à environ 200 mg, en utilisant un sérum qu'on rend isotonique, après l'avoir débarrassé d'euglobulines par dialyse contre l'eau distillée, suivie d'acidification à pH 5 et centrifugation.

Lorsqu'on double le taux d'héparine ou de sulfate de dextrane, rien d'autre ne précipite à pH 5. Par contre, l'acidification au-dessous de pH 5 entraîne une précipitation non sélective des protéines.

Un sérum héparine à 2 ‰ et centrifugé à pH 5 donne un nouveau précipité à pH 4; ce précipité augmente avec le taux d'héparine. Vers pH 3, l'héparine et le sulfate de dextrane, à la concentration de 1,5 à 2 %, précipitent l'ensemble de protéines du sérum [4]. Les β-lipoprotéines se distinguent d'autres protéines par le fait qu'elles précipitent à un pH plus élevé.

L'existence des complexes solubles et insolubles entre l'héparine et les protéines a été décrite par divers auteur [5] à [11]. A pH 5, au voisinage du pH *i*, l'héparine forme avec les β-lipoprotéines un complexe insoluble; au-dessus, ce complexe se redissout [12]; il reprécipite avec certains cations même à pH 8,50.

En résumé, en présence d'héparine et de sulfate de dextrane, les β-lipoprotéines du sérum précipitent à un pH plus élevé que la presque totalité

des autres protéines. La différence s'accentue considérablement après adjonction de certains cations.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) M. Burstein, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 527.

(2) Nous avons constaté qu'il en est de même en présence du chlorure de manganèse, du chlorure de cobalt, du chlorure de nickel.

(3) M. Burstein et J. Samaille, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 185.

(4) Si le taux d'héparine ou du sulfate de dextrane ne dépasse pas 2 °/₀₀, le précipité formé à pH 5 et au-dessous, se redissout vers pH 3,50. Cette redissolution est due à l'excès des protéines, susceptibles de former à ce pH un complexe avec l'héparine, par rapport à l'héparine. Lorsqu'on réduit le rapport protéines/héparine par dilution du sérum de moitié avec ClNa à 9 °/₀₀, il n'y a pas de redissolution.

(5) A. Fischer, *Bioch. Z.*, 278, 1935, p. 138.

(6) E. Chargaff, M. Ziff et S. S. Cohen, *J. Biol. Chem.*, 136, 1940, p. 257.

(7) L. B. Jacques, *Bioch. J.*, 37, 1943, p. 189.

(8) A. Hoch, A. Chanutin, *J. Biol. Chem.*, 197, 1952, p. 503.

(9) E. A. Nikkila, *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, 5, 1953, suppl. 8.

(10) E. Gorter et L. Nanninga, *The Physical Chemistry of proteins*, *Faraday Society*, 1953, p. 217.

(11) P. Bernfeld, N. M. Donahue et M. E. Berkowitz, *J. Biol. Chem.*, 226, 1957, p. 51.

(12) D'après Bernfeld et coll. (11) l'électrophorèse optique montre qu'à pH 8,60 seules les β-lipoprotéines forment avec l'héparine un complexe soluble.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le phosphatide du bacille Calmette-Guérin* (1).

Note (*) de Mme **Erna Vilkas**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Isolement d'un phosphatidyl-inosito-dimannoside en bon rendement à partir de la souche bovine atténuée B. C. G. cultivée sur milieu de Sauton. La même souche cultivée sur bouillon peptoné et glycériné contient un phosphatide renfermant du glucose et du mannose.

Dans un travail précédent nous avons décrit un phosphatidyl-inosito-dimannoside F 210°, $[\alpha]_D + 34°$ isolé d'une souche humaine virulente H-37 Rv streptomycino-résistante (2). Ce phosphatide isolé des bactéries selon R. J. Anderson (3) était toujours accompagné de l'acide phosphatidique correspondant. En admettant que l'acide phosphatidique provient de la dégradation du phosphatidyl-inosito-dimannoside au cours de l'extraction, nous avons cherché une méthode permettant d'obtenir le phosphatide intact en meilleur rendement.

L'extraction au méthanol des bacilles délipidés préalablement par l'acétone (4) fournit une fraction qu'on sépare ensuite en deux parties : étherosoluble et hydrosoluble. Par des ébullitions répétées de l'étherosoluble avec de l'acétone, nous obtenons comme partie insoluble presque exclusivement le phosphatidyl-inosito-dimannoside. Nous avons appliqué ce mode opératoire à l'isolement

des phosphatides de la souche bovine atténuée B. C. G. Le phosphatide ainsi obtenu (rendement environ 2 % du poids sec des bacilles) se présente sous forme d'une poudre presque incolore, F 215-217°, $[\alpha]_D + 32°$ ($CHCl_3$); sa composition élémentaire correspond à peu près à la formule $C_{110}H_{204}O_{46}P_2Mg$ que nous avons pu attribuer au phosphatidyl-inosito-dimannoside [2]. Calculé %, C 56,26; H 8,69; P 2,6; cendres 9,5 ($P_2Mg_2O_7$); trouvé %, C 56,75; H 9,17; P 2,6; cendres 11,14.

La saponification par la potasse alcoolique de ce phosphatide permet de séparer les acides gras et une partie hydrosoluble.

Les acides gras ont pu être fractionnés en liquides et solides en mettant à profit la différence de solubilité de leurs sels de plomb. L'analyse centésimale de l'ester méthylique des acides solides montre qu'il s'agit d'un mélange de palmitate et de stéarate de méthyle : $C_{17}H_{34}O_2$, calculé %, C 75,50; H 12,67; OCH_3 5,5; $C_{19}H_{38}O_2$, calculé %, C 76,45; H 12,83; OCH_3 5,04; trouvé %, C 76,29; H 12,98; OCH_3 5,13. La chromatographie des esters méthyliques en phase gazeuse selon B. K. Beerthuis et J. C. Keppler [5] confirme ces résultats en donnant deux pics correspondant aux esters palmitique et stéarique.

L'analyse élémentaire de l'ester liquide concorde à peu près avec la formule du tuberculostéarate de méthyle. $C_{20}H_{40}O_2$, calculé %, C 76,86; H 12,90; OCH_3 4,80; trouvé %, C 76,57; H 12,70; OCH_3 4,69. La chromatographie en phase gazeuse présente trois pics, que nous pensons pouvoir identifier aux esters méthyliques des acides palmitoléiqne, octadécénoïque et tuberculostéarique.

La partie hydrosoluble chromatographiée sur papier Whatman n° 1 dans le mélange méthanol-acide formique-eau (80 : 15 : 5) donne une seule tache contenant du phosphore. Nous avons déphosphorylé cette substance par agitation avec l'« amberlite MB 3 » et avons acétylé le produit obtenu par l'anhydride acétique dans la pyridine. L'acétate a été purifié par chromatographie sur silicate de magnésium : célite (2 : 1); il se présente sous forme d'une poudre incolore F 137-139°, $[\alpha]_D + 52°,6$ (CH_3OH). Son analyse élémentaire concorde avec la formule $C_{42}H_{56}O_{28}$ d'un dodécaacétate d'un dimannosido-inositol (calculé %, C 50,00; H 5,55; trouvé %, C 50,20; H 5,78) et il semble être identique à l'acétate du manninositose F 112°, $[\alpha]_D + 48°,7$ préparé par R. J. Anderson, W. C. Lothrop et M. M. Creighton [6] à partir d'un phosphatide de la souche H-37.

Les hydrolyses acides par ébullition du phosphatide intact dans SO_4H_2 à 5 %, ou par chauffage avec ClH 6 N en tube scellé à 110° suivies d'une chromatographie sur papier Whatman n° 1 dans le mélange *iso*-propanol-acide acétique-eau (6 : 3 : 1) nous ont permis d'identifier les constituants hydrosolubles du phosphatide étudié : glycérol, phosphore, *méso*-inositol, mannose et une faible tache correspondant au glucose. Les phosphatides de H-37 Rv Sr décrits précédemment, cultivés dans les mêmes conditions que la souche B.C.G. examinée, c'est-à-dire sur milieu de Sauton, ne contenaient que du mannose [2].

Par contre, la même souche B. C. G. cultivée sur bouillon peptoné et glycériné ([4]) produit un phosphatide contenant du mannose et du glucose en quantité équimoléculaire. Nous ne savons pas encore s'il s'agit d'un mélange d'un phosphatidyl-inosito-dimannoside avec un phosphatidyl-inosito-diglucoside ou bien d'un phosphatide contenant une molécule de glucose et une molécule de mannose.

Nous avons analysé les deux échantillons des phosphatides (isolés de B. C. G. cultivé sur les deux milieux mentionnés ci-dessus). Les dosages des acides gras, du glycérol ([7]), de l'inositol ([8]), du phosphore ([9]) et des sucres réducteurs ([10]) montrent la présence dans les deux échantillons, de deux molécules d'acides gras et de sucres pour un glycérol, un inositol et un phosphore.

Nous avons pu isoler l'inositol cristallisé à partir d'un hydrolysat chlorhydrique du phosphatide entier (ClH 6N, pendant 6 h à 120°) neutralisé par amberlite IR 4B et IRC 50 ([11]). Le *meso*-inositol obtenu fond à 220-221° et ne donne pas de dépression avec un échantillon authentique.

En conclusion : la nouvelle méthode d'extraction décrite ci-dessus, appliquée à la souche B. C. G. permet d'obtenir d'emblée une fraction phosphatidique à peu près pure et dont la composition est pratiquement identique à celle du phosphatidyl-inosito-dimannoside de la souche H-37 Rv Sr décrit précédemment. Quand on cultive le B. C. G. sur milieu peptoné et glycériné on obtient un phosphatide contenant des quantités équimoléculaires de mannose et de glucose.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

([1]) 45e communication sur les constituants des Mycobactéries; 44e communication : G. Michel, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 2429.

([2]) E. Vilkas et E. Lederer, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 38, 1956, p. 111.

([3]) *Fortschr. Chem. Organ. Naturstoffe*, 3, 1939, p. 145.

([4]) L. Nègre, *Prévention et traitement spécifique de la tuberculose par le B. C. G. et par l'antigène méthylique*, Masson, 1956.

([5]) *Nature*, 179, 1957, p. 731.

([6]) *J. Biol. Chem.*, 125, 1938, p. 299.

([7]) G. Denigès, *Comptes rendus*, 148, 1909, p. 172, 282, et 422 d'après *Techniques de Laboratoire*, Masson, 1, 1954, p. 761.

([8]) P. Bohm et G. Richarz, *Z. Physiol. Chem.*, 298, 1954, p. 110.

([9]) M. Macheboeuf et J. Delsal, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 25, 1943, p. 116.

([10]) R. Johanson, *Anal. Chem.*, 26, 1954, p. 1331; M. Somogyi, *J. Biol. Chem.*, 160, 1945, p. 61; W. L. Nelson, *J. Biol. Chem.*, 153, 1944, p. 375.

([11]) J. W. Halliday et L. Anderson, *J. Biol. Chem.*, 217, 1955, p. 798.

(*Institut de Biologie physico-chimique*, 13, *rue Pierre-Curie*, *Paris*, 5e.)

BIOCHIMIE. — *Dégradation systématique des dinitrophénylpeptides (DNP-peptides). Étude de quelques peptides provenant de l'insuline.* Note (*) de MM. **Marian Jutisz** et **Pedro de la Llosa**, présentée par M. Robert Courrier.

Le procédé de dégradation systématique des dinitrophénylpeptides ([1]) a été appliqué aux modèles peptidiques constitués par les peptides provenant de l'insuline. Quelques conclusions concernant les possibilités et les limitations de ce procédé ont pu être tirées de cette étude.

Dans la première Publication de cette série ([1]), nous avons apporté les résultats préliminaires d'un procédé de dégradation progressive d'une chaîne peptidique à partir de son extrémité aminée libre, transformée en dérivé dinitrophényle (DNP) ([2]). Ce procédé consiste à réduire, par hydrogénation catalytique, en NH_2 les groupes NO_2 d'un DNP-peptide. Une lactamisation ultérieure permet de détacher l'acide aminé N-terminal sous forme d'une dihydroquinoxaline, avec libération du groupe aminé du résidu adjacent.

Dans le présent travail, nous apportons les résultats obtenus avec quelques peptides provenant de l'insuline dont la structure chimique est actuellement bien connue ([3]). Ce travail nous a permis d'étudier les possibilités et les limitations de ce procédé.

Les réductions et les lactamisations sont effectuées dans les mêmes conditions que précédemment ([1]), sur des quantités de l'ordre de 0,3 à 1,0 μM d'un DNP-peptide. A la fin de la lactamisation on oxyde par l'air la dihydroquinoxaline apparue dans le milieu réactionnel, en quinoxaline correspondante. Les quinoxalines étant fluorescentes, il est possible de les doser directement dans cette solution par fluorométrie. Pour cela une prise aliquote de la solution-mère est diluée convenablement avec le tampon acide acétique-acétate de sodium 0,04 M, pH 3,7, et mesurée dans un spectrophotomètre Beckman, monté pour la fluorométrie. L'identification des quinoxalines se fait par chromatographie sur papier dans trois systèmes de solvants :

I. butanol 75 + acide formique 15 + eau 10;
II. toluène 40 + alcool isoamylique 5 + acide acétique 10 + eau 5;
III. isooctane 75 + acide butyrique 10 + eau 10 (en volumes).

Les quinoxalines sont repérées sur le chromatogramme par fluorescence en lumière de Wood:

L'insuline de bœuf pure, à 25,7 U. I./mg (Organon, Oss, Pays-Bas), est oxydée par l'acide performique et les chaînes A et B sont séparées suivant les indications de F. Sanger ([4]). Les DNP des chaînes A et B (DNP-chaînes A et B), sont purifiés par chromatographie préparative sur

papier Whatman 3 dans l'acide chlorhydrique 0,1 N tout d'abord, puis dans le butanol saturé d'eau.

A partir d'une préparation de la chaîne A d'insuline, hydrolysée par la chymotrypsine, deux peptides ont été obtenus à l'état pur [5] : Ser-Leu-Tyr et Glu(NH_2)-Leu-Glu-Asp(NH_2)-Tyr. Ces deux peptides ont été transformés en leurs dérivés DNP.

A partir d'une préparation de la chaîne B, hydrolysée par la trypsine [6], le peptide suivant a été préparé sous forme de son DNP : Gly-Phé-Phé-Tyr-Thr-Pro-Lys.

Le DNP-chaîne A et les DNP de chacun des trois peptides cités ont été soumis à une dégradation systématique par le procédé indiqué. Après un stade de dégradation le résidu peptidique a été de nouveau transformé en dérivé DNP qui, après la purification par chromatographie, a été soumis à une nouvelle dégradation.

Les résultats de ces différentes opérations ont été rassemblés dans le tableau suivant :

Peptide.	Stade de dégradation.	Acide aminé identifié.	Rendement de dégradation (%).
Insuline A	1	Glycocolle	30-35
	2	Isoleucine	22
	3	Valine	20
Ser-Leu-Tyr	1	Sérine	56
	2	Leucine	14
Glu (NH_2)-Leu-Glu-Asp (NH_2)-Tyr	1	Acide glutamique	81
	2	Leucine	48
	3	Acide glutamique	20
	4	Acide Aspartique	16
Gly-Phé-Phé-Tyr-Thr-Pro-Lys	1	Glycocolle	61
	2	Phénylalanine	14

L'examen du tableau permet les remarques suivantes :

1. En ce qui concerne la chaîne A, le rendement de dégradation, déjà assez bas au premier stade (30-35 %), baisse considérablement au second et au troisième stade (respectivement 22 et 20 %). Il est donc pratiquement impossible de poursuivre cette dégradation au-delà du troisième stade si l'on dispose au départ de quantités relativement faibles de ce produit (10 à 20 mg dans notre cas). Du fait qu'un résidu de glycocolle se trouve en position N-terminale de la chaîne A, on pouvait s'attendre, à la lumière des résultats acquis précédemment avec les différents glycylpeptides [1], à un rendement meilleur à ce premier stade de dégradation. Il semble donc que, dans les réactions de réduction et de lactamisation des DNP-peptides, la solubilité du produit traité ne soit pas le seul facteur limitatif; son

poids moléculaire, et probablement sa configuration et sa composition, doivent sans doute jouer aussi un rôle important.

2. Le tri- et le pentapeptide ont pu être dégradés entièrement; quant à l'heptapeptide, sa dégradation a dû être stoppée après le deuxième stade. On remarque que, dans les trois cas, le rendement de dégradation, assez élevé aux premiers stades, baisse rapidement au fur et à mesure que l'opération est poursuivie. Cette baisse de rendement n'est pas uniforme dans les trois cas, et l'on peut constater que, si pour le tripeptide et l'heptapeptide il serait pratiquement impossible de continuer la dégradation déjà après le deuxième stade, le pentapeptide a pu être dégradé en entier. Cette différence de réactivité doit tenir probablement à la nature même des résidus d'acides aminés impliqués dans les réactions de dégradation. Il est également possible que certains de ces résidus soient susceptibles d'inhiber partiellement les réactions de dégradation, même s'ils n'y sont pas impliqués directement.

Quoi qu'il en soit, nous avons pu démontrer sur ces quelques exemples que, si le procédé de dégradation proposé n'est pas à son état actuel d'une application générale, il peut, du fait de sa simplicité et de sa sensibilité, être utilisé pour l'étude de la structure chimique des peptides.

(*) Séance du 22 juillet 1957.

[1] M. Jutisz, W. Ritschard et P. de la Llosa, *Biochim. Biophys. Acta*, 17, 1955, p. 548.

[2] F. Sanger, *Biochem. J.*, 39, 1945, p. 507.

[3] A. P. Ryle, F. Sanger, L. F. Smith et R. Kitai, *Biochem. J.*, 60, 1955, p. 541.

[4] *Biochem. J.*, 44, 1949, p. 126.

[5] F. Sanger et E. O. P. Thomson, *Biochem.* J., 53, 1953, p. 353 et 366.

[6] F. Sanger et H. Tuppy, *Biochem. J.*, 49, 1951, p. 463 et 481.

(*Laboratoire de Chimie biologique, Faculté des Sciences, Paris et Laboratoire de Morphologie expérimentale et Endocrinologie, Collège de France.*)

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'utilisation de divers composés carbonés et azotés par* Streptomyces maduræ, Streptomyces pelletieri *et* Streptomyces somaliensis. Note (*) de M. **François Mariat**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'étude de la nutrition azotée et carbonée de *Streptomyces maduræ* (14 souches), *S. pelletieri* (8 souches) et de *S. somaliensis* (3 souches) montre que *S. maduræ* se distingue par l'utilisation de l'amidon, du mannitol et du xylose et que *S. somaliensis* utilise très bien le maltose; seule cette dernière espèce ne donne pas de croissance en présence d'urée.

Les trois espèces de *Streptomyces* dont la nutrition carbonée et azotée est étudiée ci-dessous, provoquent des mycétomes actinomycosiques carac-

térisés par la présence de « grains » parasitaires de morphologie différente ([1]).

L'étude de l'utilisation par ces microorganismes de différents composés carbonés et azotés, s'inscrit dans une étude générale sur la physiologie des actinomycètes aérobies pathogènes ([2]), ([3]).

Nos expériences sont réalisées sur milieu gélosé chimiquement défini. La solution de base, sans carbone ni azote, a la composition suivante : PO_4KH_2 : 0,45 g; PO_4Na_2H, 12 H_2O : 1,19 g; SO_4Mg, 7 H_2O : 0,60 g; Cl K : 1,00 g; solution oligodynamique : X gouttes; thiamine, acide nicotinique, pyridoxine, pantothénate de Ca : 1.10^{-7}; biotine : 1.10^{-9}; gélose lavée : 15 g; eau distillée : 1000 g (pH 6,8). A ce milieu on ajoute 1 % de glucose purifié pour les expériences sur l'utilisation des substances azotées. Pour l'étude des composés carbonés on ajoute, soit de l'asparagine recristallisée, à la concentration de 0,1 % (*S. pelletieri*, *S. somaliensis*) soit du phosphate biammoniacal (0,23 %) quand l'asparagine peut être utilisée comme aliment carboné (*S. maduræ*), soit enfin de l'hydrolysat de caséine (0,31 %) pour les trois souches exigeant l'azote aminé pour leur croissance (souches 356, 359 et 314). Les diverses substances azotées sont ajoutées avant autoclavage des milieux, de façon à obtenir 0,05 % d'azote. Les composés carbonés sont ajoutés avant tyndalisation à 100° (composés hydrolysables) ou stérilisation à 110° (composés non hydrolysables). Les sels d'acides organiques sont additionnés aux milieux à raison de 0,2 %; les autres composés carbonés à raison de 1 %.

Les différentes souches étudiées appartiennent aux espèces *Streptomyces maduræ*, *S. pelletieri* et *S. somaliensis*. Elles proviennent soit de collections, soit d'un isolement récent. Trois d'entre elles diffèrent très nettement des espèces types. Elles sont, dans le tableau, marquées d'un astérisque.

L'inoculum consiste en un fragment de culture mère aussi petit que possible. Le développement est estimé en considérant le diamètre et l'épaisseur de la colonie après des temps d'incubation (30°) de six semaines (nutrition azotée), sept semaines (nutrition carbonée de *S. pelletieri* et *S. somaliensis*) ou huit semaines (nutrition carbonée de *S. maduræ*).

De l'examen du tableau où sont résumés les résultats, il ressort que :

1° Il existe des différences dans l'utilisation d'un même composé (saccharose par exemple) par les diverses souches d'une même espèce.

2° Quelques composés sont utilisés indistinctement par toutes ou presque toutes les souches des trois espèces : le *d*-glucose est utilisé, par toutes les souches, de *d*-lévulose par toutes les souches sauf 4, pour ce qui concerne le carbone; l'hydrolysat de caséine est utilisé par toutes les souches sauf 4, l'asparagine par toutes les souches sauf 5, pour ce qui concerne l'azote.

3° Certains caractères sont propres aux espèces étudiées. C'est ainsi que l'amidon n'est utilisé que par *S. maduræ*, cette espèce semblant seule-

	I.															II.								III.		
N° des souches	83.	306.	307.	332.	334.	338.	339.	340.	341.	(*) 356.	(*) 359.	353.	363.	366.	364.	89.	309.	308.	(*) 310.	354.	84.	326.	362.	313.	314.	315.
Acétate Na	1	1	2	—	—	—	1	1	2	0	1	1	2	1	2	1		2	—	1	1	1	1	0	—	0
Tartrate Na	0	0	—	0	0	—	—	—	0	—	1	0	—	0	—	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	—
Citrate Na	—	—	2	1	—	2	1	—	1	—	1	2	—	0	1	0	0	—	—	0	0	0	0	0	—	—
l arabinose	0	2	2	—	—	2	1	1	—	0	1	—	0	0	—	0	0	—	0	0	0	0	0	0	—	1
d xylose	2	3	3	1	2	2	2	2	3	0	1	3	2	0	2	0	0	—	3	0	0	0	0	0	—	—
d glucose	2	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
d levulose	1	2	3	1	1	2	2	2	2	0	2	2	2	1	2	1	2	3	3	—	0	1	3	0	2	1
d galactose	1	1	—	—	1	2	3	1	—	—	2	—	3	0	2	—	0	—	3	—	0	0	0	0	—	1
Saccharose	—	2	3	1	0	—	2	1	2	0	3	2	2	2	1	1	—	1	0	—	0	—	1	—	1	1
Maltose	—	1	2	1	2	—	1	—	2	—	2	1	1	1	1	0	0	—	3	0	0	0	—	3	3	3
Lactose	0	1	2	—	—	1	2	—	1	0	1	2	2	—	—	0	0	—	3	0	0	0	0	0	1	—
Amidon	1	2	3	1	2	3	3	1	3	0	2	2	3	2	3	0	0	—	3	0	0	0	0	0	—	0
Mannitol	1	2	2	1	1	3	3	1	3	—	1	1	2	2	3	0	0	—	3	0	0	0	0	0		—
Glycérol	1	3	2	2	1	3	2	3	3	—	3	2	3	2	2	—	2	0	3	0	—	—	1	0	1	1
Témoin sans C	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0	1	0	—	0	—	0	0	—	0	0	0	0	0	0	—	—
Hydrol. cas	—	3	3	3	—	2	2	2	3	3	3	2	3	—		2	3	3	0	3	3	2	3	3	3	3
Asparagine	—	3	3	2	0	3	3	3	3	1	0	3	2	—		2	2	3	3	3	3	2	3	3	—	3
Urée	1	2	3	3	2	2	2	3	3	0	0	3	3	2		3	3	2	3	3	3	3	3	—	0	—
$SO_4(NH_4)_2$	—	1	1	—	—	—	1	2	—	0	0	2	1	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$PO_4H(NH_4)_2$	3	3	3	3	3	3	2	3	3	0	0	3	3	2		3	3	3	2	2	1	2	3	—	0	1
NO_3NH_4	—	1	1	—	—	1	1	2	1	0	0	2	1	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO_3K	1	—	—	3	1	1	1	2	1	0	0	3	2	—		—	—	0	0	—	0	0	0	0	0	0
NO_2Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Témoin sans N	—	—	—	—	0	—	—	—	—	0	0	0	0	0		—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Utilisation de composés carbonés et azotés par *Streptomyces maduræ* (I), *S. pelletieri* (II), et *S. somaliensis* (III). Les chiffres expriment la croissance (et l'utilisation du composé considéré) de chacune des souches.

0, croissance ou utilisation nulle ; —, très faible croissance ou utilisation ; 1, faible croissance ou utilisation ; 2, croissance ou utilisation moyenne ; 3, bonne croissance ou utilisation.

(*) Souches morphologiquement très différentes des espèces types.

détenir l'enzyme hydrolysant ce polyoside. De même, *S. maduræ* utilise le xylose alors que les autres espèces ne donnent pas de croissance en présence de ce sucre. Il en est de même du mannitol.

S. somaliensis se singularise par le fait que cette espèce ne donne aucune croissance en présence d'urée et que seulement une souche de cette espèce croît faiblement en présence de $PO_4H(NH_4)_2$ alors que ce composé est généralement très bien utilisé.

D'une façon générale, les souches de *S. maduræ* utilisent une plus grande variété de composés carbonés et azotés que les deux autres espèces.

4° Les souches qui morphologiquement se distinguent des espèces types (n°s 356, 359 et 310) se caractérisent également par des propriétés physiologiques nettement aberrantes.

En conclusion, chacune des espèces d'actinomycètes pathogènes étudiées dans cette Note, se caractérise nettement par un certain nombre de propriétés physiologiques qui s'ajoutent aux caractères morphologiques déjà connus ([4]). Parmi les propriétés caractéristiques, il faut noter l'utilisation de l'amidon, du mannitol et du xylose par *S. maduræ*, l'utilisation du maltose par *S. somaliensis* ainsi que la non utilisation de l'urée par cette espèce.

(*) Séance du 17 juillet 1957.

([1]) F. Mariat, *Semaine des Hôp., Path. et Biol.* (*Arch. Biol. Méd.*), 33e année, 1957, p. 939.

([2]) F. Mariat, *Ann. Inst. Pasteur*, 86, 1954, p. 479.

([3]) F. Mariat, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 255.

([4]) J. E. Mackinnon, et R. C. Artagaveytia-Allende, *Trans. Roy. Soc. Trop. Med.*, 50, 1956, p. 31.

(*Service de Mycologie et de Physiologie végétale, Institut Pasteur.*)

La séance est levée à 15 h 20 m.

L. B.